

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

SAMUEL ALVES DA SILVA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DE AUDITORIA EM INVENTÁRIOS DE
POVOAMENTOS DE *Eucalyptus* sp. NO ESTADO DO MATO GROSSO DO
SUL**

**CURITIBA
2015**

SAMUEL ALVES DA SILVA

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE AUDITORIA EM INVENTÁRIOS DE POVOAMENTOS
DE *Eucalyptus sp.* NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina ENGF006 e requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Professor Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima

CURITIBA

2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela capacidade intelectual, saúde e toda a condição para o cumprimento dos meus objetivos.

Agradeço minha família, que desde o começo me apoiou nessa jornada, em especial meu Pai Wilson e minha mãe Neuci. Minha irmã Karen e meu cunhado Athos por terem me acolhido por esses cinco longos anos.

Agradeço ao grande amor da minha vida, minha noiva Bruna Cristina que incessantemente me apoiou e com paciência e carinho me ajudou em muitos dos meus trabalhos.

A todos os professores da engenharia florestal, em especial ao professor Dr. Nelson Nakajima pela dedicação e apoio na realização do trabalho de conclusão de curso, ao professor Dr. Umberto Klock meu supervisor de estágio, e a professora Dra. Ana Paula Dalla Corte pelo imenso aprendizado nos quase dois anos de trabalho no Centro de Excelência de Pesquisa de Carbono na Biomassa - Biofix.

Termino agradecendo a todos os meus amigos do curso de Engenharia Florestal pelos grandes momentos de amizade, estudo, camaradagem, crescimento humano e profissional.

DADOS DO ACADÊMICO

Nome do aluno: Samuel Alves da Silva

GRR: 20117627

Telefone: (41) 9139-9455

Email: ssilva.alves@yahoo.com.br

Endereço: Rua Sebastião de Camargo, 284 – Colônia Rio Grande – São José dos Pinhais – Paraná.

Orientador: Nelson Yoshihiro Nakajima

RESUMO

Com o intuito de controlar os erros não amostrais que podem influenciar as estimativas de estoque de madeira em povoamentos florestais, esse trabalho teve como principal objetivo avaliar a qualidade das coletas de dados quantitativos e qualitativos através de uma metodologia prática e eficaz. Para tanto foram sorteadas 6 parcelas aleatoriamente de um total de 139 parcelas amostradas onde foram reinstaladas e remediadas as variáveis biométricas e, reclassificados os indivíduos segundo sua situação qualitativa. Com base nos resultados das 06 parcelas de auditoria como parâmetro, as variáveis de circunferência a altura do peito e altura total das árvores foram comparados estatisticamente por análise de variância ao nível de 5% onde não apresentaram diferença significativa. Os erros qualitativos foram pontuados segundo sua gravidade estipulando o valor de 21 pontos como desclassificatório e, como resultado, nenhuma das parcelas foi desclassificada. Os volumes com e sem casca, estimados pelos modelos de equação volumétrica de Meyer e Naslund respectivamente, também não apresentaram diferença significativa através da análise de variância ao nível de 5%. Sendo assim, a equipe de campo responsável pelas medições apresentou um trabalho satisfatório não precisando de remediações de parcelas, averiguação de materiais e treinamento imediato de equipe.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Classificação dos erros qualitativos e seus pesos.

Tabela 02. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 495.

Tabela 03. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 495.

Tabela 04. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 635.

Tabela 05. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 635.

Tabela 06. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 653.

Tabela 07. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 653.

Tabela 08. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 720.

Tabela 09. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 720.

Tabela 10. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 752.

Tabela 11. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 752.

Tabela 12. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 762.

Tabela 13. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 762.

Tabela 14. Análise de variância dos valores de CAP geral.

Tabela 15. Análise de variância dos valores de Altura total geral.

Tabela 16. Erros encontrados na parcela 495

Tabela 17. Erros encontrados na parcela 635

Tabela 18. Erros encontrados na parcela 653

Tabela 19. Erros encontrados na parcela 720

Tabela 20. Erros encontrados na parcela 752

Tabela 21. Erros encontrados na parcela 762

Tabela 21. Erros encontrados no geral

Tabela 23. Tempo de medições das parcelas de auditoria.

Tabela 24. Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste dos modelos dos valores de Altura.

Tabela 25. Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste dos modelos de volume com casca.

Tabela 26. Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste dos modelos de volume sem casca.

Tabela 27. Resultados das estimativas de volumes com casca.

Tabela 28. Análise de variância do volume com casca.

Tabela 29. Resultados das estimativas de volumes sem casca.

Tabela 30. Análise de variância do volume sem casca.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos 01 e 02. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da Parcela 495.

Gráficos 03 e 04. Distribuição dos resíduos dos valores de Altura total e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 495.

Gráficos 05 e 06. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da Parcela 635.

Gráficos 07 e 08. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 635.

Gráficos 09 e 10. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da parcela 653.

Gráficos 11 e 12. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 653.

Gráficos 13 e 14. Distribuição dos resíduos dos valores de CAP e Relação entre as medições dos valores de CAP da parcela 720.

Gráficos 15 e 16. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 720.

Gráficos 17 e 18. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da parcela 752.

Gráficos 19 e 20. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 752.

Gráficos 21 e 22. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da parcela 762.

Gráficos 23 e 24. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 762.

Gráfico 25. Distribuição dos resíduos dos valores de CAP geral.

Gráfico 26. Relação entre as medições dos valores de CAP geral.

Gráfico 27. Distribuição dos resíduos dos valores de Altura total geral.

Gráfico 28. Relação entre as medições dos valores de Altura total da geral.

Gráficos 29 e 30. Gráficos da distribuição de resíduos em função da altura ajustados para os modelos de Trorey e Stoffel.

Gráficos 31 e 32. Gráficos da distribuição de resíduos em função da altura ajustados para os modelos Curtis modificado e Prodan.

Gráficos 35 e 36. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume ajustados para os modelos Meyer e Naslund.

Gráficos 39 e 40. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume com casca ajustados para os modelos Spurr e Schumacher e Hall não linear.

Gráficos 41 e 42. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume sem casca ajustados para os modelos Naslund e Meyer.

Gráficos 43 e 44. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume sem casca ajustados para os modelos Schumacher e Hall e Stoate.

Gráficos 45 e 46. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume sem casca ajustados para os modelos Spurr e Schumacher e Hall não linear.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL.....	15
3.2 INVENTÁRIOS FLORESTAIS	16
3.2.1 Definições de Inventário Florestal	16
3.2.2 Custos do Inventário Florestal	17
3.3 GESTÃO DA QUALIDADE	17
3.3.1 Conceitos de Qualidade	17
3.3.2 Controle da Qualidade	18
3.4 GESTÃO DA QUALIDADE NO SETOR FLORESTAL.....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 ORIGEM DOS DADOS E DESCRIÇÃO DO INVENTÁRIO	21
4.1.1 Localização das Áreas de Estudo	21
4.1.2 Características do Inventário Florestal	21
4.1.3 Características das Parcelas	21
4.2 SORTEIO DAS PARCELAS PARA AUDITORIA	22
4.3 COLETA DE DADOS	22
4.4 ANÁLISE DE DADOS	22
4.4.1 Análise dos Dados Quantitativos	22
4.4.2 Análise dos Dados Qualitativos	23
4.4.3 Estatística Descritiva	25
4.4.4 Cálculo do Tempo de Medição	25
4.4.5 Processamento do Inventário	26
4.4.6 Ajuste de Modelos Hipsométricos	26
4.4.7 Ajuste de Modelos Volumétricos	26
5. RESULTADOS	28
5.1 ANÁLISE DOS DADOS QUANTITATIVOS.....	28
5.1.1 Análise Quantitativa da Parcela 495	28

5.1.2	Análise Quantitativa da Parcela 635	30
5.1.3	Análise Quantitativa da Parcela 653	33
5.1.4	Análise Quantitativa da Parcela 720	35
5.1.5	Análise Quantitativa da Parcela 752	38
5.1.6	Análise Quantitativa da Parcela 762	40
5.1.7	Análise Quantitativa Geral	43
5.2	ANÁLISE DOS DADOS QUALITATIVOS	46
5.2.1	Análise Qualitativa da Parcela 495	46
5.2.2	Análise Qualitativa da Parcela 635	47
5.2.3	Análise Qualitativa da Parcela 653	48
5.2.4	Análise Qualitativa da Parcela 720	48
5.2.5	Análise Qualitativa da Parcela 752	49
5.2.6	Análise Qualitativa da Parcela 762	49
5.2.7	Análise Qualitativa Geral	50
5.3	TEMPO DE MEDIÇÃO DA AUDITORIA	51
5.4	PROCESSAMENTO DO INVENTÁRIO	52
5.4.1	Ajuste de Equações dos valores de Altura	52
5.4.2	Ajuste de Equação de Volume	54
5.4.2.1	Ajuste de Equação de Volume Com Casca	54
5.4.2.2	Ajuste de Equação de Volume Sem Casca	56
5.4.3	Estimativas dos volumes	58
5.4.3.1	Estimativa do volume de madeira com casca.....	58
6.	CONCLUSÃO	61
7.	RECOMENDAÇÕES	62
8.	ANALISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC	63
9.	AVALIAÇÃO DO ORIENTADOR	64
10.	REFERÊNCIAS	65

1. INTRODUÇÃO

A quantificação do estoque de matéria prima é uma das atividades mais importantes da indústria de base florestal, porém, a realização de um censo, onde é obtido um valor quase que exato desse estoque, é na maioria dos casos inviável economicamente. Para sanar esse problema o inventário florestal é realizado utilizando-se de processos de amostragem. Por ser uma atividade que tem como objetivo quantificar e atribuir qualidade ao estoque de madeira, esta é a responsável por fornecer dados fundamentais para a realização do planejamento da produção florestal (De CESARO et. al, 2009).

O planejamento da produção florestal tem como principal objetivo o retorno econômico e financeiro, nele, dentro outros fatores da produção florestal, estão às práticas de manejo que são responsáveis pela qualidade e quantidade da madeira produzida e conseqüentemente pelo valor de mercado alcançado pela mesma. Por isso, a precisão das práticas do manejo florestal é de suma importância, considerando que quanto maior for a precisão, menor serão os custos de produção, possibilitando maximizar os resultados e proporcionar uma maior competitividade no mercado (HOSOKAWA, 1984).

Porém, o uso dos processos de amostragem e os erros de amostragem são comuns e preocupantes, pelo fato de que uma estimativa ruim pode comprometer com alto grau de severidade a produção, causando grandes prejuízos. A qualidade dos dados coletados em campo possui grande reflexo nas tomadas de decisões referentes ao manejo florestal, dessa forma, quanto maior a quantidade e principalmente a qualidade desses dados, mais precisas serão as intervenções nos povoamentos florestais (SARAIVA et. al, 2000).

O erro de estimativa é conhecido como o erro que ocorre pelo simples fato de não se medir todos os indivíduos em campo, ou seja, por não se realizar o censo. O erro de estimativa é composto dos erros de amostragem e os erros não amostrais ocorridos no processo de amostragem como principalmente os erros sistemáticos, como defeitos no aparelho de medição e inabilidade do operador, esses erros não afetam apenas os processos de amostragem, estando sujeitos a eles até o censo florestal (COUTO e BASTOS, 1987).

Como a precisão do inventário florestal é medida apenas pelo cálculo do erro padrão da média, os erros não amostrais acabam passando despercebidos e causando problemas posteriores. Embora existam diversas maneiras de se aumentar a precisão dos inventários como o aumento da intensidade amostral, estratificação e variação da forma de parcela, a aplicação da ferramenta de qualidade auditoria, em muitos casos, pode ser viável tecnicamente e economicamente. A auditoria de inventários florestais nada mais é do que a remedição de um percentual das parcelas já medidas em campo por uma equipe especializada a fim de conferir os dados (Da SILVA e NETO, 1979; PEREIRA, 2009).

Além de proporcionar uma correção dos eventuais erros causados em campo, essa atividade possibilita o treinamento das equipes de campo nas atividades com maior necessidade, permite também o controle do tempo de medição das parcelas e assegura a qualidade do produto oferecido pelos responsáveis do inventário florestal, podendo ser uma consultoria ou colaboradores da própria empresa.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o processo de auditoria para controle de qualidade de inventário florestal em povoamentos de *Eucalyptus sp.* no estado do Mato Grosso do Sul, utilizando para isso de técnicas estatísticas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Avaliar os dados quantitativos provenientes do inventário florestal confrontando os com os dados da auditoria.

b) Avaliar os dados qualitativos provenientes do inventário florestal confrontando os com os dados da auditoria.

c) Analisar a diferença de volume de madeira estimada entre o Inventário Florestal e a auditoria.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL

Segundo Hosokawa (1998), o planejamento florestal tem como principais premissas o retorno financeiro através da previsão da produção florestal em longo prazo, considerando também os desbastes, se houverem. Portanto, é evidente a importância do planejamento da produção florestal, visto que nele estarão inseridos fatores do manejo florestal que terão grande influência sobre a qualidade e valor da madeira.

Segundo Brandelero (2009), as informações são os recursos mais valiosos para subsidiar o sistema de manejo florestal. As informações se tornam ainda mais importantes quando se trata da aplicação dos princípios da silvicultura, manejo e exploração de precisão, dessa forma, quanto maior o número de informações e melhor a sua qualidade, mais preciso tenderá a ser o planejamento. O referente autor, ainda ressalta que a silvicultura de precisão é motivada pela variação espacial de diversos fatores envolvidos na produtividade e pelo recente desenvolvimento da tecnologia para incorporar essa variabilidade ao manejo dos povoamentos florestais.

Para Maeda (2014), a precisão do manejo florestal é um fator muito importante no setor florestal, pois possui uma profunda ligação com a viabilidade econômica e financeira do projeto. Por estar muito relacionada a novas tecnologias, como as de sensoriamento remoto e usos de sistemas computacionais de otimização aplicados ao manejo florestal, esses mecanismos tem a função de gerar informações sobre o terreno e o estoque de madeira, possibilitando planos mais específicos para o controle de silvicultura, colheita, baldeio e transporte, tornando essas atividades muito mais precisas e acuradas, reduzindo consideravelmente os custos operacionais em razão da maior previsibilidade dos planos operacionais e precisão nos controles.

Segundo Nakajima (1998), a principal ferramenta para o subsídio de um adequado planejamento da produção florestal é o inventário florestal. A quantidade, assim como a qualidade dos dados obtidos nessa atividade terá total influência sobre a qualidade do manejo aplicado nos povoamentos florestais, dessa forma a qualidade do inventário florestal é um fator decisivo no que se diz

respeito à maximização dos resultados econômicos e financeiros dos empreendimentos florestais.

3.2 INVENTÁRIOS FLORESTAIS

3.2.1 Definições de Inventário Florestal

Para Moraes (2003), inventário florestal é toda atividade que tem como objetivo a quantificação e qualificação das florestas, os inventários podem ter como finalidade as árvores, fauna, insetos, dentre outros. Para a produção de madeira assim como para vários produtos não madeiráveis provenientes das florestas, como também para a conservação ambiental, os inventários são baseados em técnicas estatísticas de amostragem.

Para fins de inventário quali-quantitativo em florestas plantadas, o mais usual ainda é a medição das parcelas em campo. Essas informações, normalmente são referentes ao estoque de madeira da floresta, ou mesmo para qualquer outra variável dendrométrica, onde podem ser obtidas não só por procedimentos de amostragem, como também pela enumeração total das árvores conforme a situação da floresta (SCOLFORO e MELLO, 2006).

Segundo Yoshitani Junior (2009), existem dois tipos de inventário florestal para a quantificação da produção de madeira de uma floresta. O inventário florestal convencional tem como objetivo avaliar as condições atuais das florestas, quantificando o estoque de madeira. Já o inventário florestal contínuo permite acompanhar o crescimento e a produção florestal, os quais possibilitam definir a melhor rotação física e econômica, amparando tais definições em modelos de classificação de sítio e modelos de prognose da produção.

3.2.2 Custos do Inventário Florestal

Segundo Péllico e Brena (1997), o custo das atividades de um inventário pode ser manejado através dos tempos necessários para as instalações de unidades, medição dos diâmetros e medição das alturas, também são considerados importantes para o controle dos custos de inventário o tempo perdido devido a intempéries, como por exemplo, a chuva. Outro fator com grande

influência direta na quantidade de trabalho, no custo e precisão do inventário florestal, são os tamanhos e as formas das unidades amostrais. Dessa forma, a escolha adequada dos métodos e dos processos de amostragem, para o tipo florestal específico, permite a redução de custos, pois é diretamente influenciado pelo tempo de medição e caminhamento.

Os referidos autores ainda relatam que o custo do inventário é a somatória entre o custo fixo e o custo variável. Os custos fixos são referentes aos custos administrativos e de gestão, já os custos variáveis são os custos do levantamento, o que é basicamente o custo médio do deslocamento entre as unidades, mais o custo de medição das unidades.

3.3 GESTÃO DA QUALIDADE.

3.3.1 Conceitos de Qualidade

Inicialmente, a qualidade tinha suas características voltadas para a inspeção da produção. Com o passar dos tempos, a qualidade dentro das organizações, adquiriu um caráter cada vez mais voltado ao planejamento estratégico, sendo hoje, visto como um ponto crucial para o bom gerenciamento empresarial (GARVIN, 1992).

Para Crosby (1990), as ações voltadas para a melhoria da qualidade dentro de uma empresa devem ser vistas como investimento, em que cada estratégia de melhoria, deve gerar um ganho para a organização, não sendo necessariamente financeiro, podendo ser também um ganho organizacional ou competitivo, por isso, é necessário que as pessoas envolvidas nos processos de produção melhorem a cada dia as suas atividades. O referido autor ainda ressalta que a qualidade não custa dinheiro, e sim, os eventos desprovidos dela.

Definir exatamente o que é qualidade é uma difícil tarefa. Juran (1990), defende que a conceituação de qualidade deve ser unanime, dessa forma as discussões sobre o tema seriam facilitadas. O autor define qualidade como sendo o nível de satisfação alcançado de um produto no atendimento dos anseios de seus clientes durante o seu uso. O conceito de qualidade para ele é adequação ao uso.

A adequação ao uso também é utilizada por Montgomery (2004). Para o autor a qualidade é inversamente proporcional à variabilidade, quanto menor a variabilidade em certo produto, maior é a qualidade do mesmo. Já Garvin (1992), define oito dimensões úteis de análise de qualidade que são: o desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética, e qualidade percebida. Para o autor a qualidade está relacionada à inter-relação entre essas dimensões.

3.3.2 Controle da Qualidade

O controle da qualidade tem como principal objetivo identificar e eliminar as variações que podem existir em um processo produtivo. Segundo Montgomery (2004), inicialmente o controle da qualidade era feito através da análise visual do produto no final da sua produção, principalmente pelos artesões, para comprovar que as características do produto estavam de acordo com a solicitação dos clientes. Com o início das linhas de montagem, a partir do século XX, as inspeções passaram a ser realizadas por uma equipe pré-determinada e auxiliadas por técnicas de amostragem, dessa forma reduziu o custo da inspeção e melhorou os processos e a qualidade dos produtos.

Mirshakawka (1990) relata que durante a segunda guerra mundial, grandes nomes da estatística como W.E Deming, J.M Duran e W. Shewhart desenvolveram métodos de controle de qualidade para a produção armamentista, resolvendo o problema da baixa qualidade dos suprimentos militares, refletindo no desfecho do evento. Com o final da guerra essas mesmas técnicas de controle da qualidade da produção militar foram empregadas pelos seus autores nas indústrias convencionais, principalmente no Japão.

Para Lourenço Filho (1984), o controle da qualidade é um sistema dinâmico e complexo, que envolve diversos setores de uma empresa, seja de forma direta ou indireta, tendo como objetivo garantir a melhora contínua da qualidade do produto final.

Segundo Pereira (2009), existem diversas ferramentas utilizadas no controle da qualidade nas empresas, como por exemplo, o controle estatístico da qualidade, que é um conjunto de ferramentas estatísticas aplicadas a um

processo produtivo visando atribuir qualidade ao mesmo. Outro exemplo citado pelo autor é o controle estatístico do processo (CEP) que é um conjunto de sete ferramentas básicas da qualidade, sendo elas o histograma, a folha de controle, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, diagrama de concentração de defeitos, diagrama de dispersão e gráfico de controle.

3.4 GESTÃO DA QUALIDADE NO SETOR FLORESTAL

A gestão da qualidade no setor florestal pode ser aplicada nas mais diversas atividades do setor florestal, não necessitando ser atrelada apenas ao setor industrial, como por exemplo, na indústria de papel e celulose ou moveleira. Dessa forma, a aplicação das ferramentas para o controle da qualidade, é vista atualmente como essencial, tanto para a produção de maciços florestais que atendam às diversas demandas para a utilização da madeira, como também para a minimização dos desperdícios, já que esta matéria prima, ano a ano, se torna cada vez mais escassa e valiosa (PEREIRA R. M, 2013).

Segundo Trindade (2000), o desenvolvimento do controle da qualidade nas atividades do setor florestal brasileiro está estreitamente relacionado à diminuição de desperdícios e ao aprimoramento da matéria-prima e do processo produtivo. O autor relata que esses fatores, dentre outros, foram deixadas de lado, no período entre as décadas de 70 e 80 quando havia uma grande oferta de madeira na época dos incentivos. Com a escassez de matéria prima o setor florestal passou a se preocupar com o controle da produção e otimização das suas atividades e conseqüente a isso começaram a surgir estudos para controlar a qualidade das atividades florestais.

Jacovine et. al., (2005), desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar a qualidade de cinco subsistemas de colheita florestal de toras curtas. Através de especificações determinadas para o alcance da qualidade foi comprovado que todos os subsistemas apresentaram divergências quanto às especificações. Com esse resultado, foram feitas adaptações no sistema de corte e arraste e treinamentos para os operários da atividade para a melhoria da qualidade da atividade.

Fassola (2001), em sua obra trabalhou com a gestão da qualidade aplicada a atividade de podas em florestas de *Pinus spp* para clean. Dessa forma, o autor avaliou os possíveis danos causados por diversas ferramentas utilizadas na atividade de poda, também foram avaliadas as condições de trabalho dos operários e possíveis riscos. Os resultados gerados pela avaliação agregaram novos conhecimentos para a proposição de melhorias nos procedimentos de poda.

Pereira (2013), com o intuito de controlar melhor os erros nas medições e processamento de inventário florestal avaliou uma metodologia de auditoria através de check list e remedições de parcelas inventariadas. O autor concluiu que houve uma maior quantidade de erros na atividade de locação das parcelas em comparação as medições, sendo que esse tipo de erro tende a se agravar na medida em que o relevo se torna mais declivoso, também houve subestimação nas medições nas parcelas sem efeito algum do relevo. O referido autor concluiu que a atividade de auditoria em inventário florestal é de suma importância para o treinamento das equipes de campo.

Vatraz e Borges (2014) aplicaram diversas ferramentas da gestão da qualidade em uma investigação como o objetivo de aperfeiçoar os procedimentos operacionais de controle de volume de madeira estimado em inventário florestal e o volume efetivamente colhido em plantios de *Pinus spp*. no estado do Paraná. O estudo apresentou uma diferença de – 24,73% entre o volume estimado e o efetivamente colhido. Esta inconsistência foi composta de falhas operacionais nas atividades de Inventário Florestal (+13,84%), Colheita Florestal (+15,62%) e de Expedição de Madeira (-3,08%). As aplicações das ferramentas de qualidade auxiliaram na identificação da inconsistência, assim como na revelação de falhas operacionais, o que permitiu a checagem de cada uma das atividades envolvidas no gerenciamento operacional florestal.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ORIGEM DOS DADOS E DESCRIÇÃO DO INVENTÁRIO

4.1.1 Localização das Áreas de Estudo

A base de dados utilizada para a realização deste trabalho teve como fonte um inventário florestal realizado no estado do Mato Grosso do Sul em uma região a aproximadamente 110 km da capital do estado, Campo Grande. As áreas de estudo, são compostas, em suma, por terreno plano e pouco acidentado, em que são cultivados povoamentos florestais do gênero *Eucalyptus sp.*

4.1.2 Características do Inventário Florestal

O Inventário florestal realizado teve com objetivo avaliar o potencial madeireiro nas áreas de plantação de *Eucalyptus sp.* para a comercialização da madeira, sendo assim, um inventário de cunho tático classificado como Inventário Florestal Pré-Corte. O inventário foi conduzido com uma intensidade amostral de 01 parcela para cada 03 hectares de plantio, totalizando uma área de aproximadamente 420 hectares de plantio. O processo de amostragem utilizado foi o sistemático onde a primeira parcela foi sorteada aleatoriamente e as demais foram plotadas sistematicamente conforme o gride amostral de 01 parcela para cada 03 hectares.

4.1.3 Características das Parcelas

As parcelas instaladas foram retangulares com área variável de aproximadamente 720 m², tendo um comprimento fixo de 36 m (~15 covas) e uma largura variável de aproximadamente 20 m (distância entre 6 linhas de plantio). Todos os pontos da parcela ficam marcados em campo.

4.2 SORTEIO DAS PARCELAS PARA AUDITORIA

Para a realização da auditoria do inventário florestal, foi determinado o valor de 5% das parcelas inventariadas, sorteadas aleatoriamente, seguindo o mesmo princípio do inventário. Devido ser impossível medir parcelas fracionadas, sendo ainda interna a auditoria do inventário, em caso de números não inteiros, o número de parcelas seria arredondado para baixo. Com um total de 139 parcelas inventariadas até o momento da auditoria, distribuídas em 12 talhões, o número de parcelas a serem auditadas foi de 06 parcelas.

4.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados nas parcelas de auditoria teve como principal objetivo avaliar as mesmas variáveis coletadas no inventário florestal, que são:

Os valores de CAP (circunferência a 1,3 m dos valores de Altura) de todas as árvores utilizando fita métrica, as alturas totais das 10 primeiras árvores (exceto árvores mortas, bifurcadas, tortas, quebradas e inclinadas) da parcela, as alturas totais de 7 árvores dominantes, a situação qualitativa de cada fuste e informações sobre covas (fustes e falhas) e marcações de desbaste.

Na análise de dados da auditoria, além dos dados quantitativos, os quais serão avaliados de forma gráfica e estatística, também foram analisadas as informações qualitativas da execução do inventário e classificação qualitativa das árvores. Além dessas variáveis qualitativas, para a auditoria também foi coletado o tempo de medição das parcelas para a avaliação.

4.4 ANÁLISE DE DADOS

4.4.1 Análise dos Dados Quantitativos

Entende-se por dados quantitativos, os dados coletados que podem ser representados numericamente em sua forma natural, esses dados são as variáveis biométricas de circunferência a altura do peito (CAP) e a altura total das árvores.

Os dados de Circunferência a Altura do Peito, assim como os dos valores de Altura total das árvores foram analisados em módulo, pelo fato de que ao compará-las houve resultados negativos que anulavam algumas diferenças positivas na análise estatística. Foram contabilizados no processo estatístico às variáveis medidas erroneamente, sendo essas consideradas para o cálculo como de valores “0” o que correspondem a uma variação total. O cálculo realizado para a comparação foi à análise de variância entre as duas medições. Para a comparação, os dados provenientes das auditorias serão considerados como parâmetros.

As análises gráficas das variáveis biométricas foram realizadas de duas formas, através de gráficos de linhas, sobrepondo os dados das parcelas auditadas e os do inventário e através de gráficos de distribuição dos resíduos resultantes da comparação entre as parcelas. Para a realização dos gráficos os dados não foram avaliados em módulo.

4.4.2 Análise dos Dados Qualitativos

Entende-se por dados qualitativos os que não podem ser representados numericamente em sua forma natural. Esses dados são referentes às inclusões de árvores nas parcelas, numeração das árvores, classificação qualitativa das árvores, seleção de árvores dominantes, localização e instalação de parcelas. Da mesma forma que a avaliação dos dados quantitativos, os qualitativos consideraram como parâmetro os dados provenientes das auditorias.

Para essa avaliação foi elaborada uma metodologia de classificação de erros qualitativos, sendo atribuídos a esses diferentes pesos, conforme a tabela 01 a seguir.

Tabela 01. Classificação dos erros qualitativos e seus pesos.

Classificação dos Erros	Pontuação
Desclassificatório	21
Gravíssimo	07
Grave	05
Médio	03
Leve	01

Os dados qualitativos são muito importantes, pois muitas vezes reflete nos dados quantitativos influenciando o processamento do inventário florestal levando à subestimação e superestimação em alguns casos, dessa forma, a parcela que alcançar um máximo de 21 pontos adquire a característica de desclassificatória, ou seja, tem como principal consequência à necessidade de remediação dessas parcelas e averiguação de equipamentos e da equipe de medição imediata.

Os maiores pesos atribuídos aos diferentes tipos de erros estão profundamente ligados as possíveis subestimações e superestimações que poderão ocorrer no processamento do inventário florestal. Esses erros foram considerados desclassificatórios. São exemplos desses erros a localização da parcela em local diferente, a diferença significativa acima de 5% entre os dados de inventário e auditoria, e o somatório de erros acima de 21 pontos.

Os erros gravíssimos seguem a mesma linha de pensamento dos desclassificatórios sendo considerados de grande influência negativa sobre o processamento do inventário. São exemplos desse tipo de erro a não inclusão ou inclusão indevida de árvores na parcela, indicação errônea de árvore dominante e não consideração de árvore dominante.

Os erros graves estão ligados à má condução das atividades de medição que podem ocasionar problemas no processamento. São exemplos desse tipo de erro a numeração incorreta de árvore e a numeração incorreta das linhas de plantio.

Os erros médios estão ligados ao mau aproveitamento do potencial madeireiro, dessa forma classificando um material de boa qualidade como sendo

de qualidade inferior. São exemplos desse tipo de erro a classificação de uma árvore normal como torta, quebrada, bifurcada assim como a marcação indevida para desbaste.

Os erros leves, embora não menos importantes, são considerados como tais, principalmente pelo fato de que em sua maioria é muito dependente da experiência profissional e entendimento pessoal de cada avaliador, assim como também agregam um menor comprometimento para o processamento do inventário e muitas vezes são de fácil correção. São exemplos desse tipo de erro a não classificação das árvores como podadas, tortas, bifurcadas, quebradas e mortas. Essas duas últimas classificações ainda podem acometer as árvores no intervalo de tempo entre o inventário e a auditoria.

4.4.3 Estatística Descritiva

Para um melhor acompanhamento do comportamento das variáveis dos valores de CAP e Altura Total entre as medições do inventário florestal e da auditoria, as variáveis por tratamentos estatísticos, determinou a média aritmética, desvio padrão, erro padrão e variância das amostras. Esses valores permitem verificar diferenças ocorridas na escala da característica. Também foram realizadas para todos os conjuntos amostrais dos valores de CAPe Altura uma análise de variância ao nível de 5% de significâncias a fim de constatar possíveis diferenças significativas entre as medições da auditoria e do inventário.

4.4.4 Cálculo do Tempo de Medição

Por possuir profunda ligação com os custos e dessa forma a viabilidade dos inventários florestais, o tempo de medição de cada parcela de auditoria em campo foi registrado. Pelo fato de haver coletas de tempo de medição apenas para a atividade de auditoria, foram apenas calculados os tempos médios de medição das parcelas.

4.4.5 Processamento do Inventário

O processamento do inventário florestal considerado nesse trabalho é a estimativa do volume de madeira das parcelas, em que foram considerados produtos finais, o volume médio, o erro absoluto e relativo. A diferença admissível para o volume das parcelas auditadas foi de 5%, a qual foi calculada através de uma análise de variância. Caso ultrapassasse esse valor, as parcelas de Inventário Florestal tenderiam a ser rejeitadas e remedidas, sendo assim, deveria ser realizada a auditoria em mais 5% das parcelas inventariadas, pois a diferença das medições das parcelas pode estar sendo impactada pelo número de parcelas auditadas.

4.4.6 Ajuste de Modelos Hipsométricos

Com o levantamento das alturas totais das árvores foram testados alguns modelos hipsométricos para a estimativa das alturas das árvores das quais não foram coletadas essa variável. Foram testados os seguintes modelos, consagrados na área florestal:

Modelo 1: $h = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{dap}$ (Linear Simples)

Modelo 2: $h = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{dap}^2$ (Curtis Dap²)

Modelo 3: $h = \beta_0 + \beta_1 / \text{dap}$ (Curtis)

Modelo 4: $h = \beta_0 + \beta_1 \text{dap} + \beta_2 \text{dap}^2$ (Parábola, Trorey)

Modelo 5: $\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{dap}$ (Stoffels)

Modelo 6: $\ln h = \text{dap}^2 / (\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{dap} + \beta_2 \cdot \text{Dap}^2)$ (Prodan Log)

onde: h = altura comercial da árvore (m), dap = diâmetro medido a 1,30m do solo (cm), \ln = logaritmo neperiano e β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros a serem estimados.

4.4.7 Ajuste de Modelos Volumétricos

Para a estimativa do volume foram realizados ajustes de equações volumétricas com as variáveis de volume com casca e sem casca. Os dados utilizados para esse ajuste foram provenientes de 63 cubagens. Foram testados os seguintes modelos, consagrados na área florestal:

Modelo 1: $v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d h + \beta_4 d^2 h + \beta_5 h$ (Meyer)

Modelo 2: $v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_3 d h + \beta_4 h^2$ (Naslund)

Modelo 3: $\log v = \beta_0 + \beta_1 \log d + \beta_2 \log h$ (Schumacher & Hall)

Modelo 4: $v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_3 h$ (Stoate)

Modelo 5: $\log v = \beta_0 + \beta_1 \log (d^2 h)$ (Spurr)

Modelo 6: $v = \beta_0 * \beta_1^d * \beta_2^h$ (Schumacher & Hall não linear)

onde: v = volume (m^3) h = altura comercial da árvore (m), d = diâmetro medido a 1,30m do solo (cm), \ln = logaritmo neperiano e $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_i$ = parâmetros a serem estimados.

5. RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DOS DADOS QUANTITATIVOS

5.1.1 Análise quantitativa da parcela 495

Para a parcela de número 495, foram encontradas 44 árvores das quais foram medidos os valores de CAP, totalizando 88 entre inventário e auditoria. Para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 60,79 cm, um erro padrão de 1,83 cm, um desvio padrão de 12,11 cm e uma variância de 146,63 cm, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 60,64 cm, um erro padrão de 1,82 cm, um desvio padrão de 12,08 cm e uma variância de 0,32 cm.

A tabela 02 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

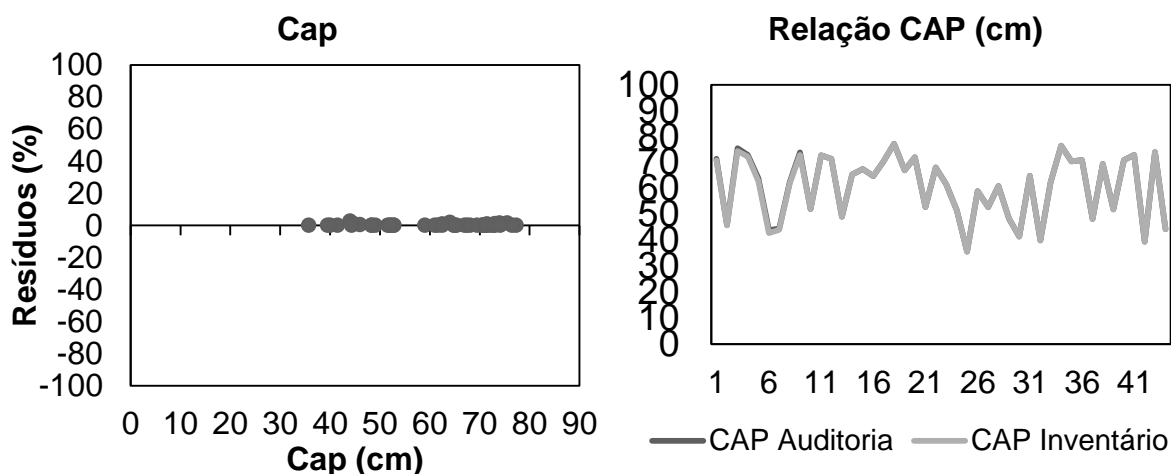
Tabela 02. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 495.

Fator de variação	GL	QM	F
CAP parcela 495	01	0.510114	0.0034874 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 01 e 02 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráficos 01 e 02. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da Parcela 495.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observada no gráfico 02 não apresenta diferenças visíveis.

Em relação a variável da altura total, foram contabilizadas 16 árvores das quais foram coletadas essa variável, totalizando 32 no total entre auditoria e inventário, foram encontradas para o momento de auditoria uma variável média de 23,58 m, um erro padrão de 2,42 m, um desvio padrão de 9,68 e uma variância de 93,79, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 27,33 m, um erro padrão de 0,99, um desvio padrão de 3,99 e uma variância de 15,90 m.

A tabela 03 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

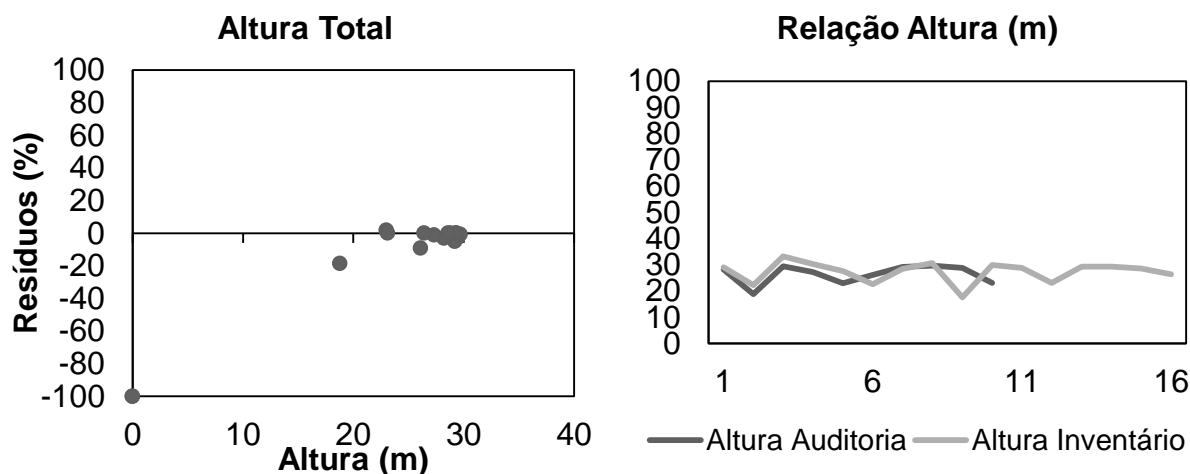
Tabela 03. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 495.

Fator de variação	GL	QM	F
Altura parcela 495	01	112,5	2,05122 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 03 e 04 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 03 e 04. Distribuição dos resíduos dos valores de Altura total e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 495.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que embora exista uma pequena variação, não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observada no gráfico 04 mostra que houve diferença visível entre as medições, consequência do número de árvores medidas.

5.1.2 Análise quantitativa da parcela 635

Para a parcela de número 635, foram encontradas 32 árvores das quais foram medidos os Valores de CAP, totalizando 64 entre inventário e auditoria, para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 63,90 cm, um erro padrão de 1,73 cm, um desvio padrão de 9,80 cm e uma variância de 95,92 cm, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 63,68 cm, um erro padrão de 1,74 cm, um desvio padrão de 9,70 cm e uma variância de 94,00 cm.

A tabela 04 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

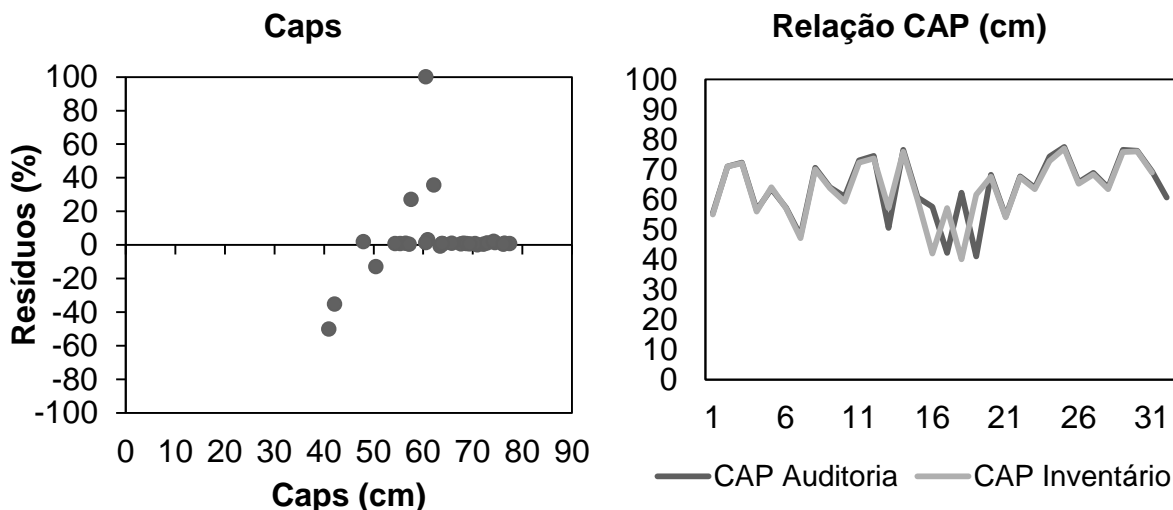
Tabela 04. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 635.

Fator de variação	GL	QM	F
CAP parcela 635	01	0,715085	0,007520 ns

GL= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 05 e 06 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 05 e 06. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da Parcela 635.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que embora exista variação, não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observada no gráfico 06, mostra que houve diferença visível entre as medições das árvores 16 e 21.

Em relação a variável altura total, foram contabilizadas 17 árvores das quais foram coletadas essa variável, totalizando 34 no total entre auditoria e

inventário, foram encontradas para o momento de auditoria para essa variável uma média de 24,31 m, um erro padrão de 1,56 m, um desvio padrão de 6,43 m e uma variância de 41,30, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 23,91 m, um erro padrão de 1,55 um desvio padrão de 6,38 e uma variância de 40,75 m.

A tabela 05 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

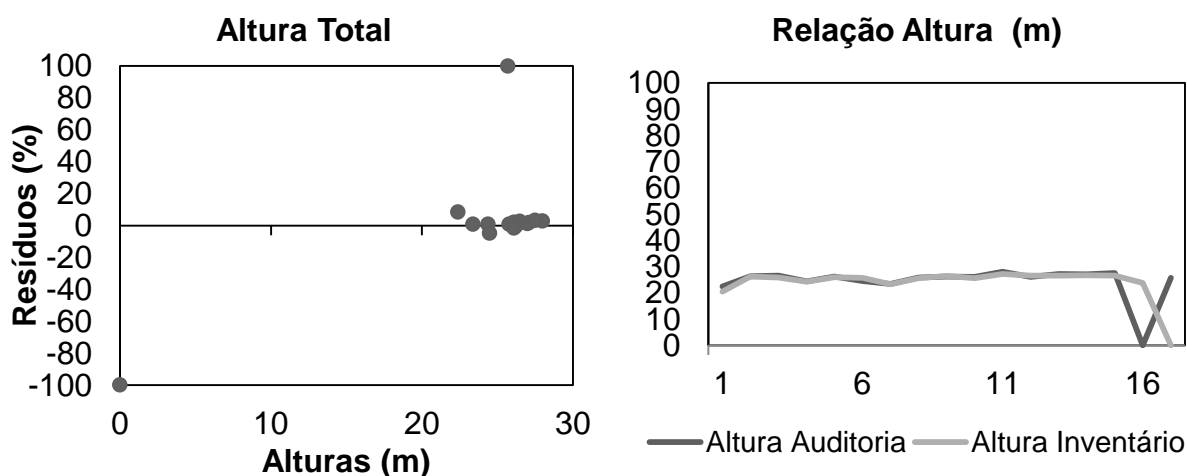
Tabela 05. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 635.

Fator de variação	GL	QM	F
Altura parcela 635	01	1,320294	0,032182 ns

GL= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 07 e 08 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráficos 07 e 08. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 635.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que embora exista uma pequena variação, não houve tendenciosidade entre as

medições. A relação entre as medições observada no gráfico 08 mostra que houve diferença visível apenas entre as últimas árvores.

5.1.3 Análise quantitativa da parcela 653

Para a parcela de número 653, foram encontradas 39 árvores das quais foram medidos os Valores de CAP, totalizando 78 entre inventário e auditoria, para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 61,43 cm, um erro padrão de 1,50 cm, um desvio padrão de 9,38 cm e uma variância de 88,05 cm, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 60,36 cm, um erro padrão de 1,46 cm, um desvio padrão de 9,15 cm e uma variância de 83,69 cm.

A tabela 06 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

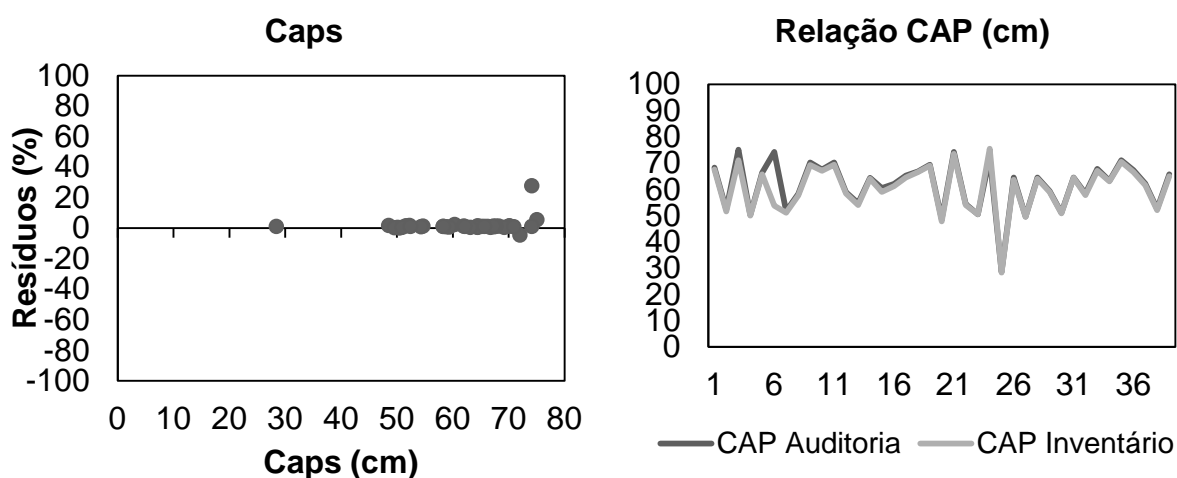
Tabela 06. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 653.

Fator de variação	GL	QM	F
CAP parcela 653	01	22,29346	0,259616 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 09 e 10 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 09 e 10. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da parcela 653.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observada no gráfico 10 apresenta uma pequena diferença visível entre as medições das árvores 01 e 06.

Em relação a variável altura total, foram contabilizadas 15 árvores das quais foram coletadas essa variável, totalizando 30 no total entre auditoria e inventário, foram encontradas para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 23,99 m, um erro padrão de 2,53 m, um desvio padrão de 9,78 e uma variância de 95,72, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 24,99 m, um erro padrão de 1,80, um desvio padrão de 7,00 e uma variância de 49 m.

A tabela 07 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

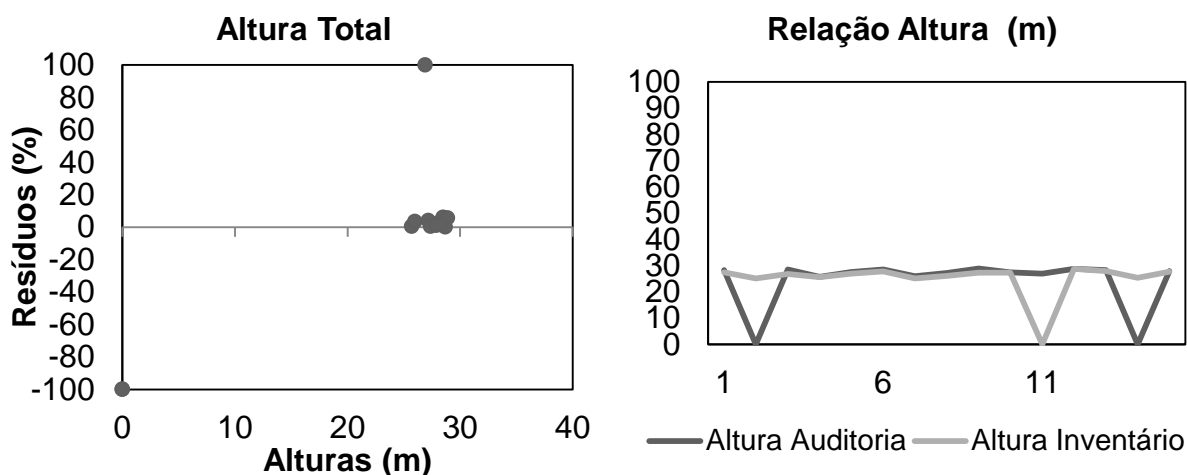
Tabela 07. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 653.

Fator de variação	GL	QM	F
Altura parcela 635	01	7,60033	0,105003 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 11 e 12 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 11 e 12. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 653.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que embora exista variação, não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observada no gráfico 12 mostra que houve diferenças visíveis ocasionadas pela medição das alturas de duas árvores classificadas erroneamente, devido aos diferentes valores de CAP medidos na parcela.

5.1.4 Análise quantitativa da parcela 720

Para a parcela de número 720, foram encontradas 41 árvores das quais foram medidos os Valores de CAP, totalizando 82 entre inventário e auditoria, para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 59,31 cm, um erro padrão de 0,91 cm, um desvio padrão de 5,83 cm e uma variância de 33,96 cm, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 26,44 cm, um erro padrão de 0,44 cm, um desvio padrão de 1,63 cm e uma variância de 2,67 cm.

A tabela 08 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

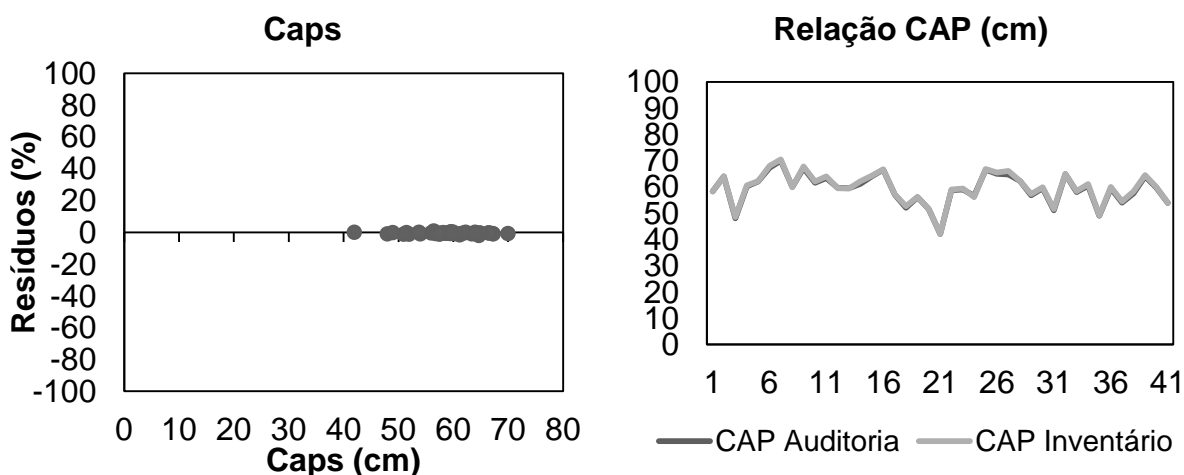
Tabela 08. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 720.

Fator de variação	GL	QM	F
CAP parcela 720	01	2,189756	0,063591 ns

GL= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 13 e 14 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráficos 13 e 14. Distribuição dos resíduos dos valores de CAPe Relação entre as medições dos valores de CAP da parcela 720.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observadas no gráfico 14 não apresenta diferenças visíveis.

Em relação a variável altura total, foram contabilizadas 14 árvores das quais foram coletadas essa variável, totalizando 28 no total entre auditoria e inventário, foram encontradas para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 26,44 m, um erro padrão de 0,44 m, um desvio

padrão de 1,63 m e uma variância de 2,67 m, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 27,54 m, um erro padrão de 0,35 m, um desvio padrão de 1,29 m e uma variância de 1,66 m.

A tabela 09 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

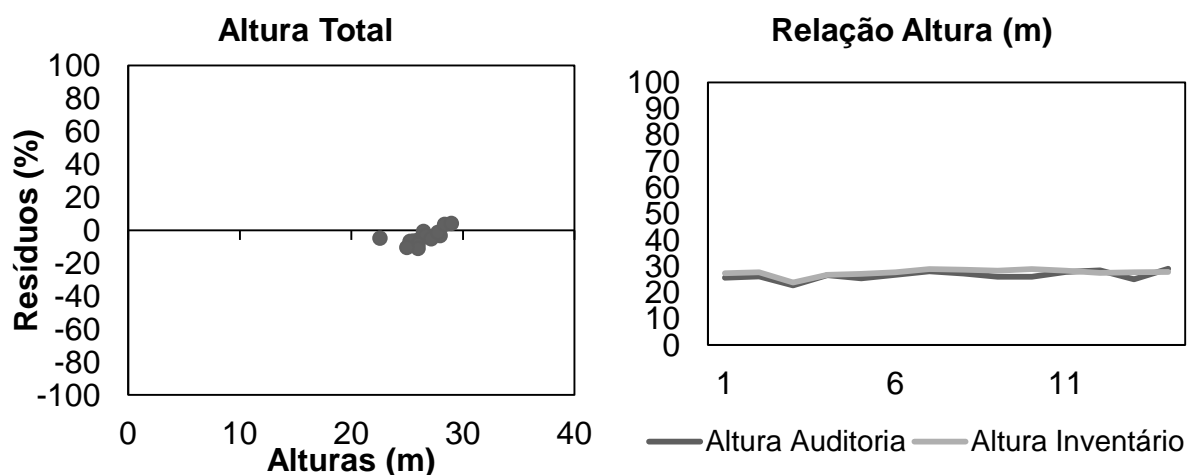
Tabela 09. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 720.

Fator de variação	GL	QM	F
Altura parcela 720	01	8,360357	3,864588 ns

GL= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 15 e 16 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráficos 15 e 16. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 720.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que houve uma pequena tendência à superestimação, não ultrapassando 20% entre

as medições. A relação entre as medições, observada no gráfico 16 apresenta uma leve diferença visível.

5.1.5 Análise quantitativa da parcela 752

Para a parcela de número 752, foram encontradas 38 árvores das quais foram medidos os Valores de CAP, totalizando 76 entre inventário e auditoria, para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 60,04 cm, um erro padrão de 0,86 cm, um desvio padrão de 5,32 cm e uma variância de 28,32 cm, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 60,59 cm, um erro padrão de 0,89 cm, um desvio padrão de 5,46 cm e uma variância de 29,83 cm.

A tabela 10 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

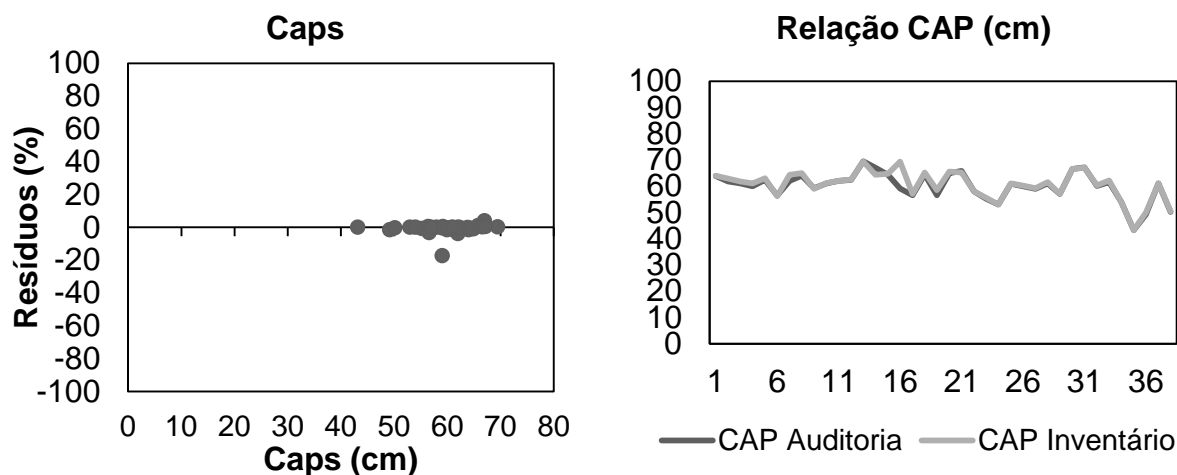
Tabela 10. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 752.

Fator de variação	GL	QM	F
CAP parcela 752	01	5,802632	0,1996 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 17 e 18 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 17 e 18. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da parcela 752.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observada no gráfico 18 apresenta uma diferença visível entre a árvore 11 e 16.

Em relação a variável altura total, foram contabilizadas 18 árvores das quais foram coletadas essa variável, totalizando 36 no total entre auditoria e inventário, foram encontradas para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 26,58 m, um erro padrão de 1,58 m, um desvio padrão de 6,70 m e uma variância de 44,95 m, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 26,56 m, um erro padrão de 1,57, um desvio padrão de 6,67 e uma variância de 44,46 m.

A tabela 11 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

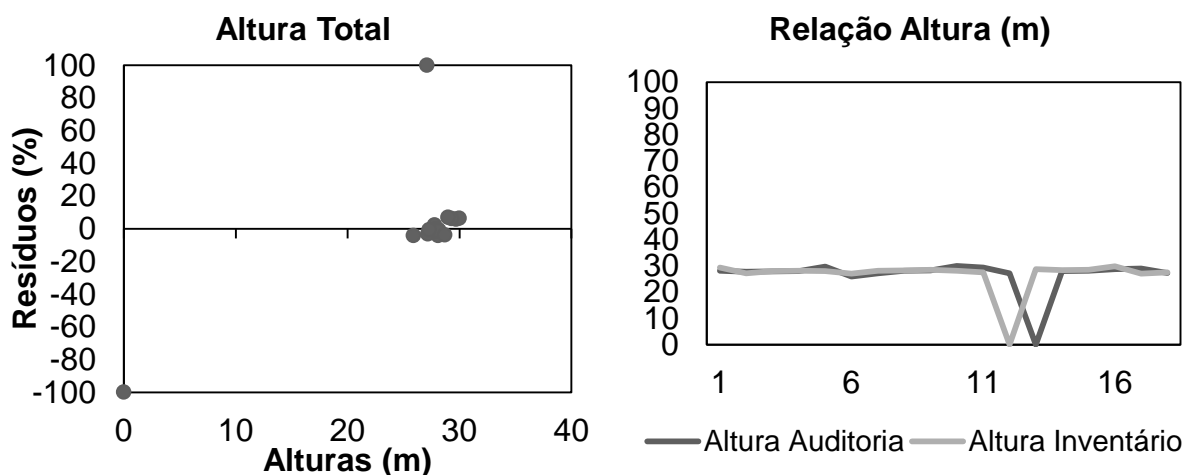
Tabela 11. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 752.

Fator de variação	GL	QM	F
Alturas parcela 752	01	0,00444	0,000099 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 19 e 20 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 19 e 20. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 752.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observada no gráfico 20 apresenta diferenças visíveis entre as árvores 11 e 16.

5.1.6 Análise quantitativa da parcela 762

Para a parcela de número 762, foram encontradas 43 árvores das quais foram medidos os Valores de CAP, totalizando 86 entre inventário e auditoria, para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 64,09 cm, um erro padrão de 0,98 cm, um desvio padrão de 6,42 cm e uma variância de 41,26 cm, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 64,16 cm, um erro padrão de 0,93 cm, um desvio padrão de 6,10 cm e uma variância de 37,25 cm.

A tabela 12 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

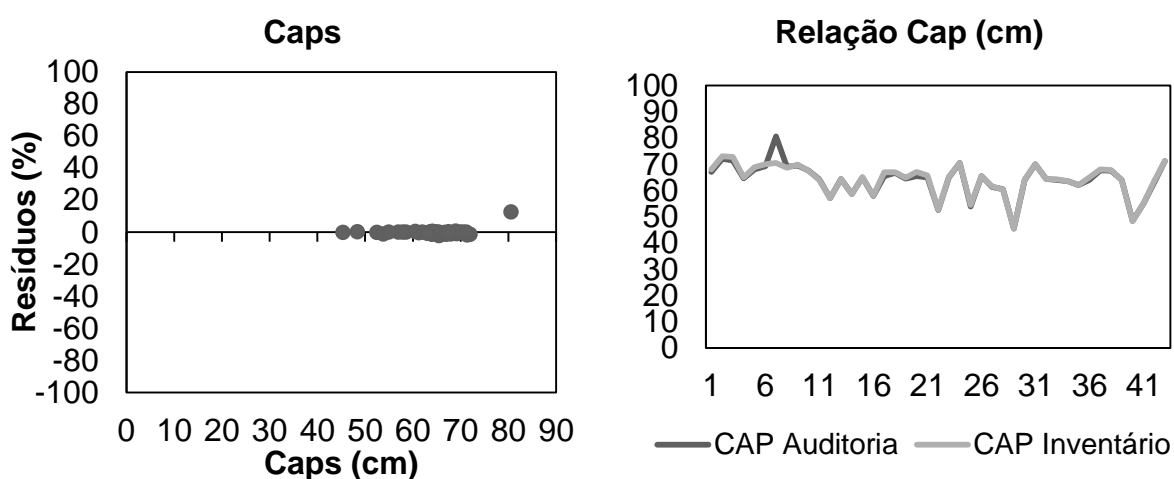
Tabela 12. Análise de variância dos valores de CAP da parcela 762.

Fator de variação	GL	QM	F
CAP parcela 762	01	0,097791	0,002491 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 21 e 22 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 21 e 22. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de CAP da parcela 762.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que não houve tendenciosidade entre as medições. A relação entre as medições observada no gráfico 20 apresenta apenas uma diferença visível entre as árvores 06 e 11.

Em relação a variável altura total, foram contabilizadas 14 árvores das quais foram coletadas essa variável, totalizando 28 no total entre auditoria e inventário, foram encontradas para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 27,34 m, um erro padrão de 2,12 m, um desvio padrão de 7,93 m e uma variância de 62,91 m, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 28,7 m, um erro padrão de 2,23 m, um desvio padrão de 8,34 e uma variância de 69,58 m.

A tabela 13 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

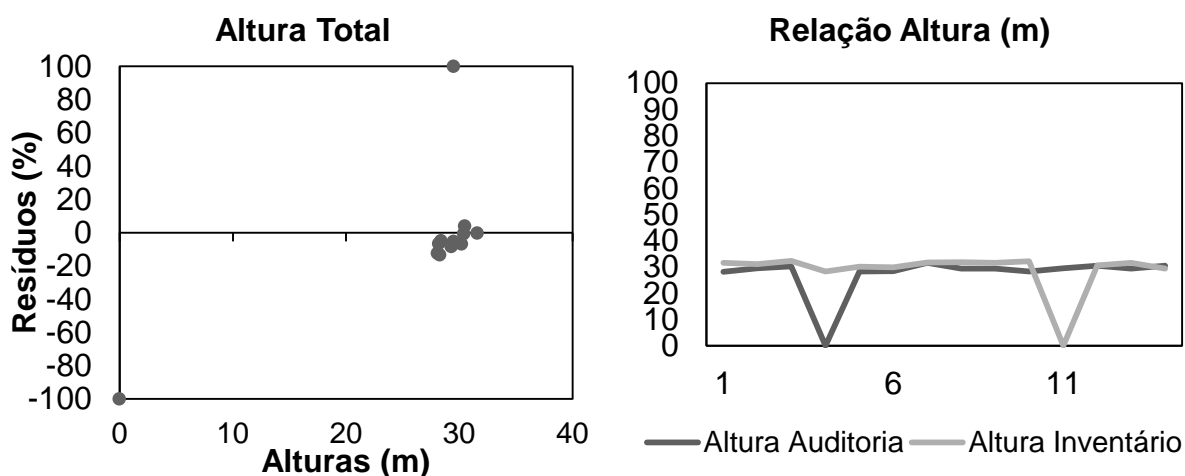
Tabela 13. Análise de variância dos valores de Altura total da parcela 762.

Fator de variação	GL	QM	F
Altura parcela 762	01	0,097791	0,002491 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

Os gráficos 23 e 24 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 23 e 24. Distribuição dos resíduos e Relação entre as medições dos valores de Altura total da parcela 762.



Observando o gráfico de distribuição dos resíduos pode se concluir que houve uma pequena tendência à superestimação, não ultrapassando 20% entre as medições. A relação entre as medições, observada no gráfico 24 apresenta diferenças visíveis entre as árvores 01 e 06 e na árvore 11.

5.1.7 Análise quantitativa geral

Para a análise geral das parcelas, foram encontradas 237 árvores das quais foram medidos os Valores de CAP, totalizando 474 entre inventário e auditoria, para o momento de auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 61,54 cm, um erro padrão de 0,56 cm, um desvio padrão de 8,62 cm e uma variância de 64,30 cm, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 61,19 cm, um erro padrão de 0,61 cm, um desvio padrão de 9,39 cm e uma variância de 88,17 cm.

A tabela 14 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário, no teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

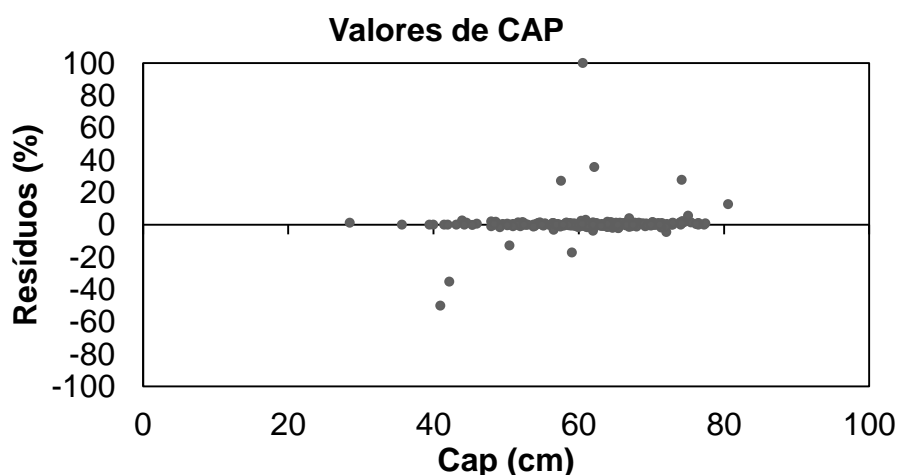
Tabela 14. Análise de variância dos valores de CAP geral.

Fator de variação	GL	QM	F
CAP geral	01	14,04759	0,172928 ns

GL= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

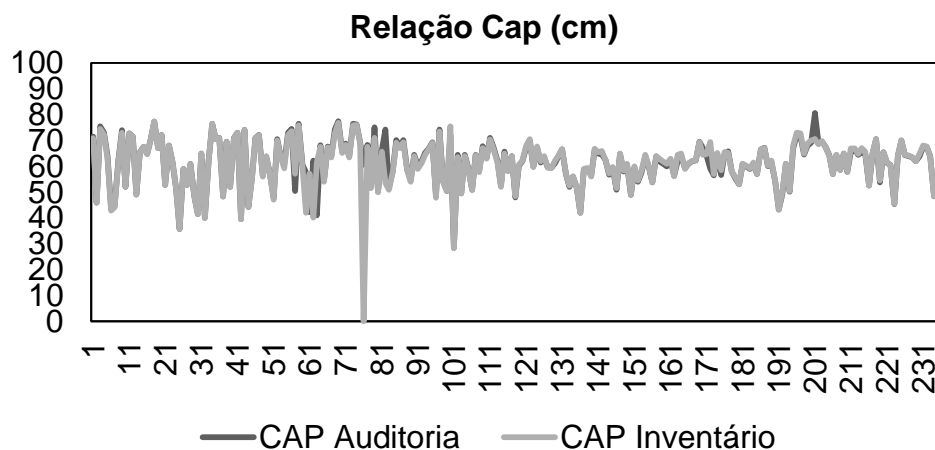
Os gráficos 25 e 26 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 25. Distribuição dos resíduos dos valores de CAP geral.



No gráfico 25 é possível observar que não houve tendenciosidade nas medições do inventário florestal, as maiores dispersões dos resíduos são resultantes de árvores que classificadas erroneamente.

Gráfico 26. Relação entre as medições dos valores de CAP geral.



A relação entre as medições dos valores de CAP apresentou-se bastante harmoniosa, havendo apenas algumas diferenças visíveis destacadas entre as medições 51 e 81 e 201 e 2011.

Em relação à variável altura total, foram contabilizadas 94 árvores das quais foram coletadas essa variável, totalizando 188 no total entre auditoria e inventário. Para o momento da auditoria foram encontradas para essa variável uma média de 25,34 m, um erro padrão de 0,77 m, um desvio padrão de 7,49 m e uma variância de 56,13 m, enquanto que no momento do inventário para essa mesma variável foram encontradas uma média de 26,43 m, um erro padrão de 0,63 m, um desvio padrão de 6,13 m e uma variância de 37,64 m.

A tabela 15 mostra os resultados da análise de variância, realizada para a comparação entre as medições de auditoria e inventário. No teste foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as medições.

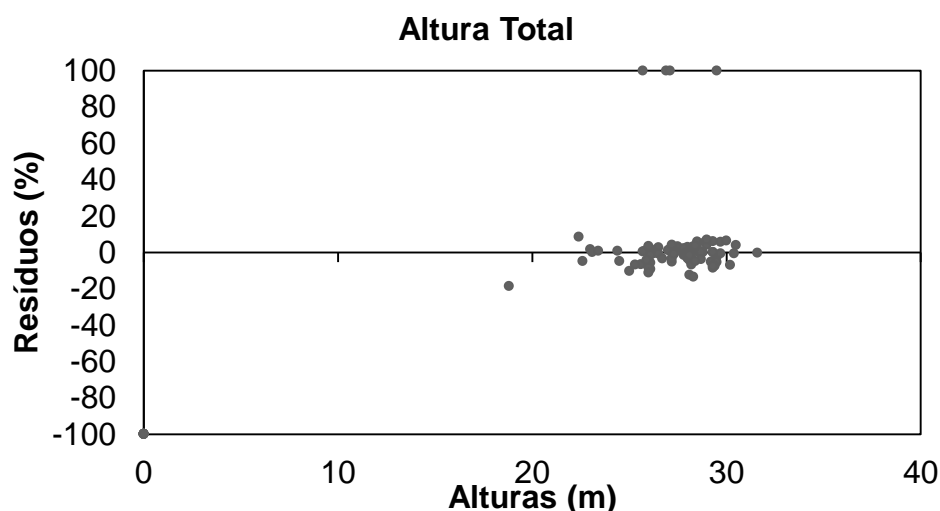
Tabela 15. Análise de variância dos valores de Altura total geral.

Fator de variação	GL	QM	F
Altura geral	01	55,77532	1,189682

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

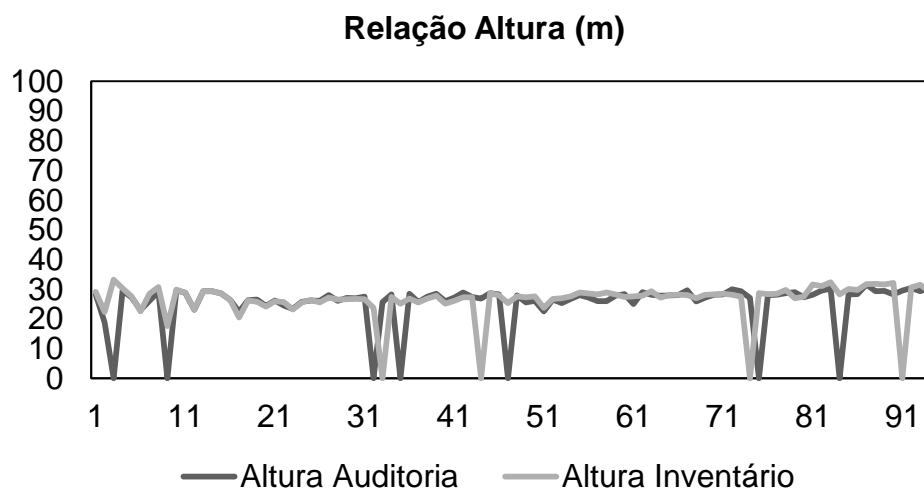
Os gráficos 27 e 28 mostram respectivamente a análise dos resíduos resultantes da diferença entre as duas medições e o acompanhamento da relação entre as medições.

Gráfico 27. Distribuição dos resíduos dos valores de Altura total geral.



O gráfico 27 mostra que as medições do inventário florestal não apresentaram tendenciosidade em relação à auditoria, assim como os Valores de CAP, as maiores dispersões dos resíduos são resultantes de árvores que foram classificadas erroneamente. Porém, devido ao método de coleta das alturas totais, com a remedição dos valores de CAP, as árvores dominantes passaram a serem outras, causando as variações em 100%.

Gráfico 28. Relação entre as medições dos valores de Altura total da geral.



A relação entre as medições dos valores de Altura apresentaram se menos harmoniosas do que as de CAP, havendo algumas diferenças visíveis provenientes das medições de árvores classificadas erroneamente, pelo fato de que árvores diferentes são classificadas como dominantes entre o inventário e a auditoria.

5.2 ANÁLISE DOS DADOS QUALITATIVOS

5.2.1 Análise qualitativa da parcela 495

A parcela 495 com um total de 44 indivíduos apresentou uma quantidade de 39 árvores classificadas sem erros e 05 pontos, todos resultantes de erros leves, esses erros são provenientes de uma árvore torta classificada como natural, duas árvores não classificadas como sem poda, uma não classificada como quebrada e uma não classificada como bifurcada acima de 1,30 metros.

Na tabela 16 está a classificação dos erros com a quantificação dos pontos encontrados na parcela 495.

Tabela 16. Erros encontrados da parcela 495

Classificação	Pontuação	Quantidade	Total
Desclassificatório	21	00	00
Gravíssimo	07	00	00
Grave	05	00	00
Médio	03	00	00
Leve	01	05	05
Total	-	-	05

5.2.2 Análise qualitativa da parcela 635

A parcela 635 com um total de 32 indivíduos apresentou uma quantidade 23 árvores classificadas sem erros e 20 pontos, resultantes de erros leves, médios e gravíssimos, esses erros são provenientes de cinco árvores não classificadas como sem poda, uma não classificada como torta, duas normais classificadas como tortas, uma não classificada como bifurcada acima de 1,30 metros e uma árvore não incluída na parcela.

Na tabela 17 esta a classificação dos erros com a quantificação dos pontos encontrados na parcela 635.

Tabela 17. Erros encontrados da parcela 635

Classificação	Pontuação	Quantidade	Total
Desclassificatório	21	00	00
Gravíssimo	07	01	07
Grave	05	00	00
Médio	03	01	03
Leve	01	10	10
Total	-	-	20

5.2.3 Análise qualitativa da parcela 653

A parcela 653 com um total de 39 indivíduos apresentou uma quantidade 33 árvores classificadas sem erros e 08 pontos, resultantes de erros leves e médios, esses erros são provenientes de duas árvores não classificadas como tortas, duas não classificadas como sem poda, uma não classificada como bifurcada acima de 1,30 metros e uma árvore normal classificada como torta.

Na tabela 18 esta a classificação dos erros com a quantificação dos pontos encontrados na parcela 653.

Tabela 18. Erros encontrados da parcela 653

Classificação	Pontuação	Quantidade	Total
Desclassificatório	21	00	00
Gravíssimo	07	00	00
Grave	05	00	00
Médio	03	01	03
Leve	01	05	05
Total	-	-	08

5.2.4 Análise qualitativa da parcela 720

A parcela 720 com um total de 41 indivíduos apresentou uma quantidade 32 árvores classificadas sem erros e 09 pontos, todos resultantes de erros leves, esses erros são provenientes de seis árvores não classificadas como sem poda e três árvores não classificadas como tortas.

Na tabela 19 esta a classificação dos erros com a quantificação dos pontos encontrados na parcela 720.

Tabela 19. Erros encontrados na parcela 720

Classificação	Pontuação	Quantidade	Total
Desclassificatório	21	00	00
Gravíssimo	07	00	00
Grave	05	00	00
Médio	03	00	00
Leve	01	09	09
Total	-	-	09

5.2.5 Análise qualitativa da parcela 752

A parcela 752 com um total de 38 indivíduos apresentou uma quantidade 32 árvores classificadas sem erros e 03 pontos, resultantes de um erro médio, esse erro foi provenientes de uma árvore marcada indevidamente para desbaste.

Na tabela 20 está a classificação dos erros com a quantificação dos pontos encontrados na parcela 752.

Tabela 20. Erros encontrados na parcela 752

Classificação	Pontuação	Quantidade	Total
Desclassificatório	21	00	00
Gravíssimo	07	00	00
Grave	05	00	00
Médio	03	01	03
Leve	01	00	00
Total	-	-	03

5.2.6 Análise qualitativa da parcela 762

A parcela 762 com um total de 43 indivíduos apresentou uma quantidade 41 árvores classificadas sem erros e 02 pontos, ambos resultantes de erros leves,

esses erros são provenientes de uma árvore não classificada como torta e uma árvore não classificada como bifurcada acima de 1,30 metros.

Na tabela 21 esta a classificação dos erros com a quantificação dos pontos encontrados na parcela 762.

Tabela 21. Erros encontrados na parcela 762

Classificação	Pontuação	Quantidade	Total
Desclassificatório	21	00	00
Gravíssimo	07	00	00
Grave	05	00	00
Médio	03	00	00
Leve	01	02	02
Total	-	-	02

5.2.7 Análise qualitativa geral

Para a análise geral das parcelas, que foi composta por 237 indivíduos, apresentou 205 árvores sem erros de classificação ou de instalação de parcela, foram computados 47 pontos provenientes de erros leves, médios e gravíssimos provenientes de quinze árvores não marcadas como sem poda, oito árvores não classificadas como tortas, quatro árvores não classificadas como bifurcadas acima de 1,30 metros, três árvores normais classificadas como tortas, uma árvore não classificada como quebrada, uma árvore marcada indevidamente para desbaste e uma árvore não incluída em parcela.

Na tabela 22 está a classificação dos erros com a quantificação dos pontos encontrados no geral.

Tabela 22. Erros encontrados no geral

Classificação	Pontuação	Quantidade	Total
Desclassificatório	21	00	00
Gravíssimo	07	01	07
Grave	05	00	00
Médio	03	03	09
Leve	01	31	31
Total	-	-	47

5.3 TEMPO DE MEDIÇÃO DA AUDITORIA

O tempo médio utilizado para a medição das parcelas de auditoria foi de 34 minutos, a parcela 495 foi a que demandou maior tempo de medição, sendo necessários 44 minutos, enquanto que o menor tempo de medição foi registrado na parcela 653 onde foram necessários apenas 28 minutos.

Os tempos de medição registrados em cada parcela da auditoria de inventário florestal estão presentes na tabela 23.

Tabela 23. Tempo de medições das parcelas de auditoria.

Parcelas de Auditoria	Hora Início	Hora Fim	Tempo
495	12h49min	13h33min	44 min.
635	14h31min	15h10min	39 min.
653	15h32min	16h00min	28 min.
720	11h44min	12h18min	39 min.
752	10h38min	11h09min	31 min.
762	09h12min	09h46min	34 min.
Média	-	-	34 min.

5.4 PROCESSAMENTO DO INVENTÁRIO

5.4.1 Ajuste de equações dos valores de Altura

Para a estimativa das alturas totais das árvores foram ajustados 06 modelos de equações hipsométricas. Os modelos testados para o ajuste da relação hipsométrico assim como os parâmetros estatísticos das equações ajustadas estão presentes na tabela 24 começando pelo melhor ajuste.

Tabela 24. Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste dos modelos dos valores de Altura.

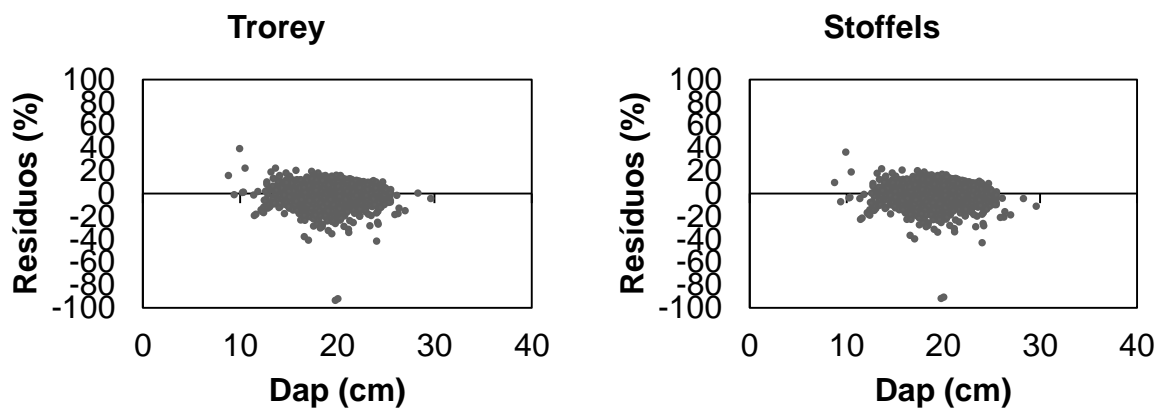
Modelo	Coeficientes.			R^2_{aj}	$S_{yx}\%$
	β_0	β_1	β_2		
Trorey	1,78427	1,78576	-0,03	0,47346	8,06
Stoffels	1,54051	0,58381	-	0,46888	8,09
L. Simples	11,24595	0,780862	-	0,46521	8,13
Curtis	40,02845	-258,342	-	0,46009	8,16
Curtis Dap²	18,79722	0,01983	-	0,44770	8,26
Prodan	1,54051	0,00001	0,007	0,46888	18,4

Em que: $R^2_{Aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; β_i = coeficientes.

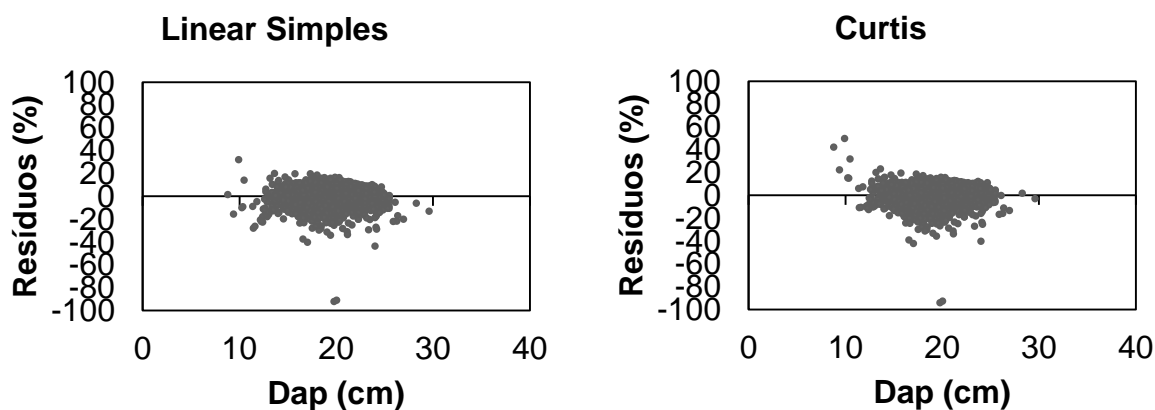
Para a seleção do modelo matemático que melhor se ajustou aos dados dos povoamentos de *Eucalyptus sp.*, foram analisados o coeficiente de determinação, o erro padrão da estimativa além da análise gráfica dos resíduos em forma relativa (percentagem), observando a tendenciosidade (super ou subestimativas) da estimativa da altura total ao longo da linha de regressão. O modelo escolhido foi o parabólico, denominado como de Trorey, ou seja, $ht = 1,78427 + 1,78576 \text{ dap} + -0,03 \text{ dap}^2$.

O resultado da análise gráfica dos resíduos em percentagem pode ser observado dos modelos de equações ajustados podem ser observados nos gráficos 29, 30, 31, 32, 33 e 34 a seguir.

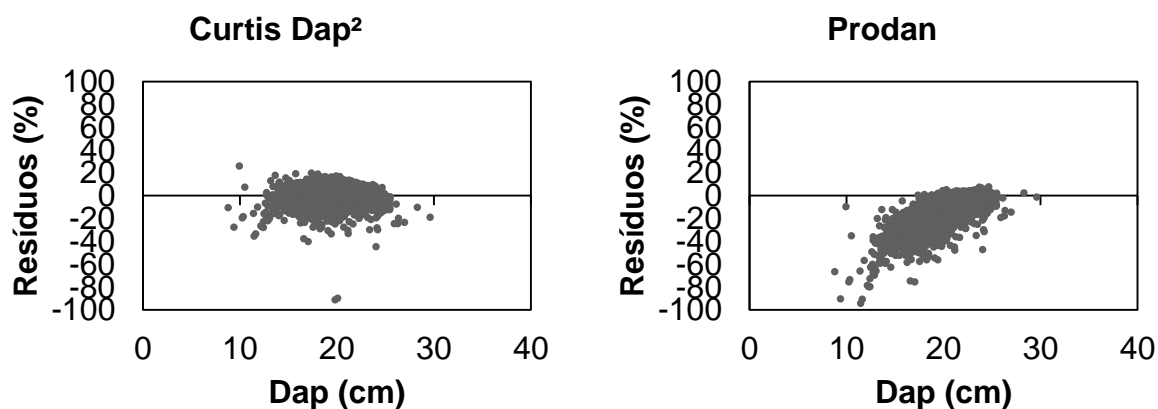
Gráficos 29 e 30. Gráficos da distribuição de resíduos em função da altura ajustados para os modelos de Trorey e Stoffels.



Gráficos 31 e 32. Gráficos da distribuição de resíduos em função da altura ajustados para os modelos Lineares simples e Curtis.



Gráficos 31 e 32. Gráficos da distribuição de resíduos em função da altura ajustados para os modelos Curtis modificado e Prodan.



Com exceção do modelo de Prodan que apresentou superestimação, conforme a análise gráfica, todos os outros modelos apresentaram uma boa distribuição dos resíduos, sendo assim os fatores cruciais de escolha foram o coeficiente de determinação e o erro padrão da estimativa em percentual.

5.4.2 Ajuste da equação de volume

5.4.2.1 Ajuste da Equação de Volume Com Casca

Para a estimativa dos volumes das árvores foram ajustados 06 modelos de equações volumétricas para o volume com casca e sem casca. Os modelos testados para o ajuste da relação volumétrica assim como os parâmetros estatísticos das equações ajustadas estão presentes na tabela 24 começando pelo melhor ajuste.

Tabela 25. Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste dos modelos de volume com casca.

Modelo	Coeficientes.						R^2_{aj}	$S_{yx}\%$
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5		
Meyer	1,2488	-0,1447	0,00389	-0,006	-0,01	-0,057	0,988	4,35
Naslund	-0,0798	0,0004	-0,0078	0,0024	-0,04	-	0,988	4,36
S. e Hall	-9,6370	1,77922	1,14886	-	-	-	0,989	4,48
Stoate	-0,2044	0,00041	0,00003	0,0103	-	-	0,987	4,51
Spurr	0,04094	0,00005	-	-	-	-	0,984	4,84
S. e Hall	-0,9160	0,05078	0,01916	-	-	-	0,981	5,41

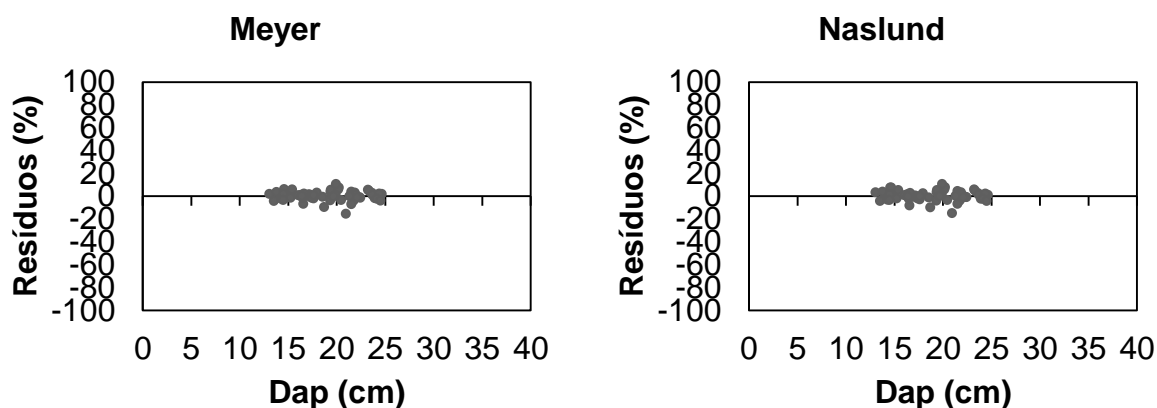
Em que: $R^2_{Aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; β_i = coeficientes.

Para a seleção do modelo matemático que melhor se ajustou aos dados dos povoamentos de *Eucalyptus* sp, foram analisados o coeficiente de determinação, o erro padrão da estimativa além da análise gráfica dos resíduos em forma relativa (percentagem), observando a tendenciosidade (super ou subestimativas) da estimativa do volume com casca ao longo da linha de

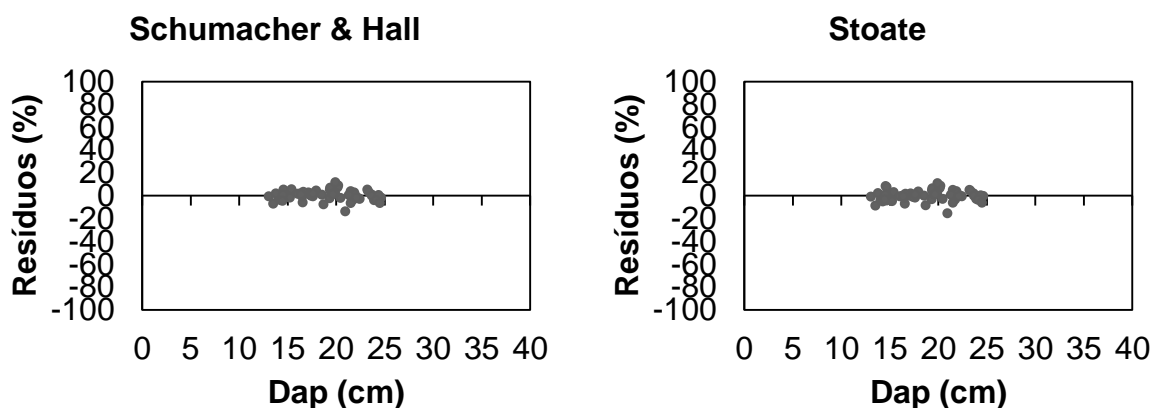
regressão. O modelo escolhido foi o de Meyer, ou seja, $v = 1.2488 + -0.1447 \text{ dap} + 0.00389 \text{ dap}^2 + -0.006. \text{ dap} h + -0.01 \text{ dap}^2 h + -0,057 h$.

Os resultados da análise gráfica dos resíduos em percentagem dos modelos de equações volumétricas ajustados para os volumes sem casca podem ser observados nos gráficos 35, 36, 37, 38, 39 e 40 a seguir.

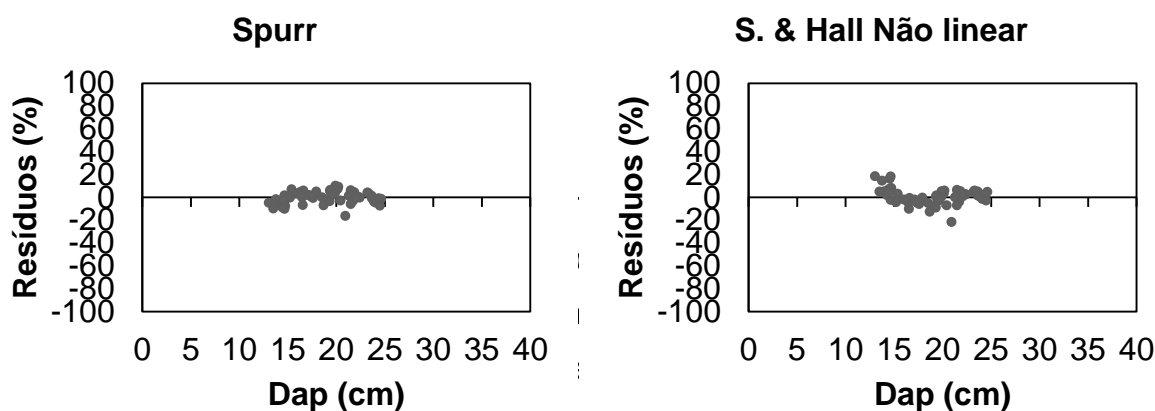
Gráficos 35 e 36. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume ajustados para os modelos Meyer e Naslund.



Gráficos 37 e 38. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume ajustados para os modelos Schumacher e Hall e Stoate.



Gráficos 39 e 40. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume com casca ajustados para os modelos Spurr e Schumacher e Hall não linear.



5.4.2.2 Ajuste da Equação de Volume Sem Casca

Para a estimativa dos volumes sem casca das árvores foram ajustados 06 modelos de equações volumétricas, assim como os volumes com casca. Os modelos testados para o ajuste da relação volumétrica assim como os parâmetros estatísticos das equações ajustadas estão presentes na tabela 26 começando pelo melhor ajuste.

Tabela 26. Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste dos modelos de volume com casca.

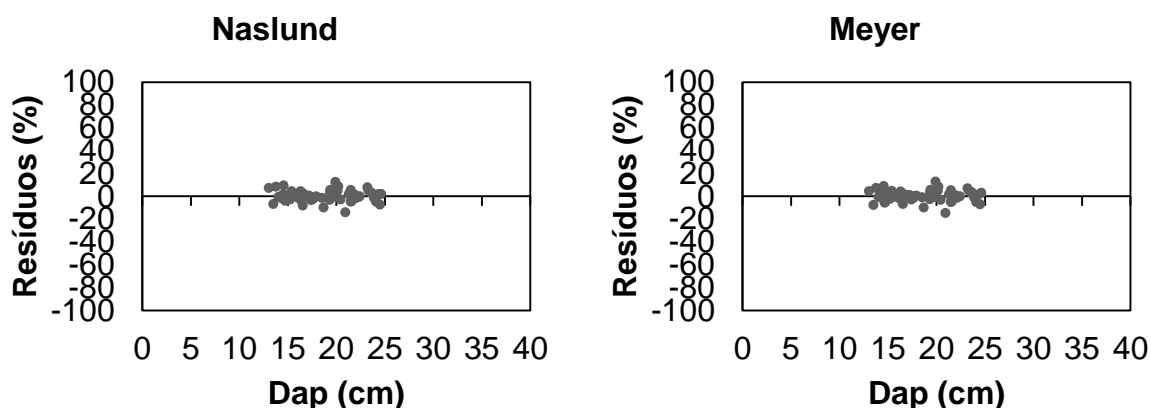
Modelo	Coeficientes.						R^2_{aj}	$S_{yx}\%$
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5		
Naslund	-0,117	-0,0003	0,00002	0,0012	-0,001	-	0,985	4,84
Meyer	1,198	-0,1436	0,00382	0,006	-0,001	-0,051	0,985	4,85
S. e Hall	-10,30	1,6808	1,37611	-	-	-	0,987	5,02
Stoate	-0,409	-0,0033	0,00112	0,0191	-	-	0,981	5,31
Spurr	0,0336	0,00005	0,00004	-	-	-	0,978	5,68
S. e Hall	-0,781	0,03973	0,01811	-	-	-	0,977	5,81

Em que: $R^2_{Aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; β_i = coeficientes.

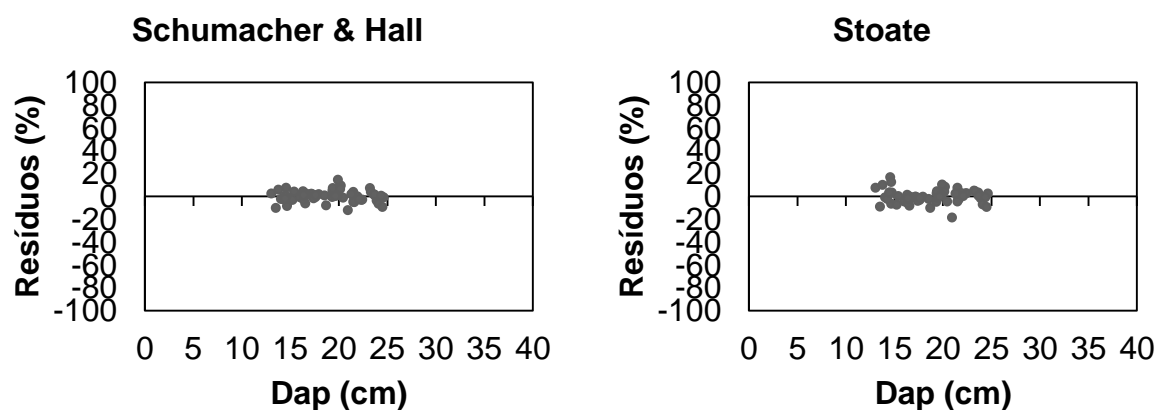
Para a seleção do modelo matemático que melhor se ajustou aos dados de volumes sem casca dos povoamentos de *Eucalyptus* sp, foram analisados o coeficiente de determinação, o erro padrão da estimativa além da análise gráfica dos resíduos em forma relativa (percentagem), observando a tendenciosidade (super ou subestimativas) da estimativa do volume com casca ao longo da linha de regressão. O modelo escolhido foi o de Naslund, ou seja, $v = -0.117 + -0.0003 \text{ dap}^2 + 0.00002 \text{ dap}^2 h + 0.0012. \text{ dap} h + -0.001 h^2$.

Os resultados da análise gráfica dos resíduos em percentagem dos modelos de equações volumétricas ajustados para os volumes sem casca podem ser observados nos gráficos 41, 42, 43, 44, 45 e 46 a seguir.

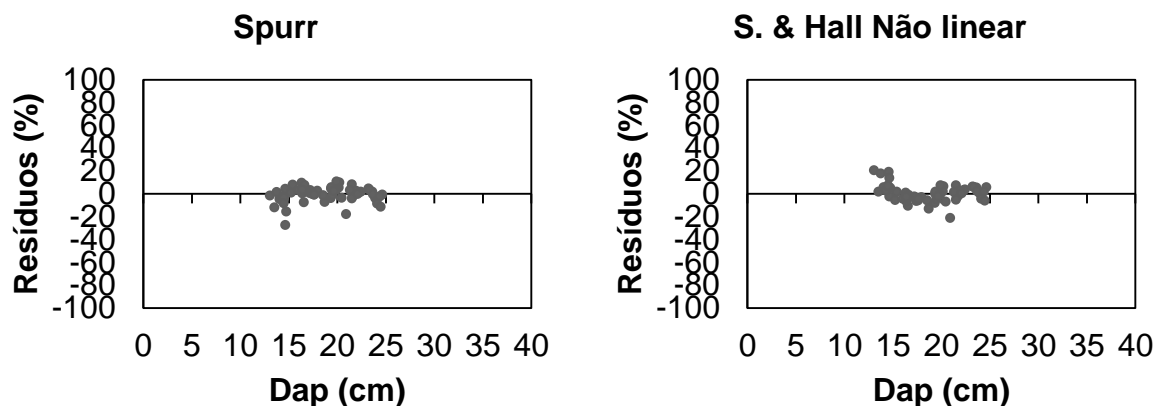
Gráficos 41 e 42. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume sem casca ajustados para os modelos Naslund e Meyer.



Gráficos 43 e 44. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume sem casca ajustados para os modelos Schumacher e Hall e Stoaate.



Gráficos 45 e 46. Gráficos da distribuição de resíduos em função do volume sem casca ajustados para os modelos Spurr e Schumacher e Hall não linear.



Semelhante ao ajuste de equações para o volume de madeira com casca, todos os modelos ajustados para a estimativa de volume sem casca apresentaram uma boa distribuição dos resíduos e resultados estatísticos satisfatórios, sendo assim, novamente o fator crucial para escolha do melhor modelo de equação ajustada foi uma pequena diferença encontrada no erro padrão da estimativa em percentual.

5.4.3 Estimativas dos volumes

5.4.3.1 Estimativa do volume de madeira com casca

O volume de madeira com casca, estimado para as parcelas de auditoria apresentou uma média de 23,02 m³ de madeira, erro padrão 1,218 m³, um desvio padrão 02,98 m³ e uma variância 8,90 m³ por parcela, enquanto que o volume com casca estimado para as parcelas do Inventário Florestal apresentou uma média de 22,97 m³, um erro padrão de 1,38 m³, um desvio padrão 3,38 m³ e uma variância 11,43 m³.

As somas dos volumes das parcelas de auditoria apresentou um total de 138,10 m³, de madeira com casca, o equivalente a 319,722 m³ de madeira por hectare de plantio em quanto que a soma das parcelas do inventário florestal apresentou um total de 137,84 m³, o equivalente a 319,028 m³ de madeira por hectare.

Os volumes com casca estimados para as parcelas podem ser observados na tabela 27.

Tabela 27. Resultados das estimativas de volumes com casca.

Parcelas	Auditoria (m³)	Inventário (m³)
495	25,293	25,378
635	19,536	18,632
653	22,807	21,713
720	21,588	22,229
752	21,187	21,582
762	27,684	28,305
Total	138,10	137,84
M³ / há	319,722	319,028

Houve uma diferença de 0,26 m³ na soma das parcelas ou 0,694 m³ por hectare a mais nas parcelas de auditoria. Ao realizar a análise variância foi constatada que essa diferença volumétrica não é significativa estatisticamente ao nível de 5%. O resultado da análise de variância para a diferença do volume com casca pode ser observado na tabela 28.

Tabela 28. Análise de variância do volume com casca.

Fator de variação	GL	QM	F
Volume C. Casca	01	0,00552	0,000543 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

5.4.3.2 Estimativa do volume de madeira sem casca

O volume de madeira sem casca, estimado para as parcelas de auditoria apresentou uma média de 18,68 m³ de madeira, erro padrão 1,002 m³, um desvio padrão 02,45 m³ e uma variância 6,022 m³ por parcela, enquanto que o volume sem casca estimado para as parcelas do Inventário Florestal apresentou uma média de 18,65 m³, um erro padrão de 1,149 m³, um desvio padrão 2,814 m³ e uma variância 17,92 m³.

As somas dos volumes das parcelas de auditoria apresentou um total de 112,11 m³, de madeira sem casca, o equivalente a 259,444 m³ de madeira por hectare de plantio em quanto que a soma das parcelas do inventário florestal apresentou um total de 111,91 m³, o equivalente a 259,028 m³ de madeira por hectare.

Os volumes sem casca estimados para as parcelas podem ser observados na tabela 29.

Tabela 29. Resultados das estimativas de volumes sem casca.

Parcelas	Auditoria	Inventário
495	20,477	20,572
635	15,771	15,002
653	18,456	17,529
720	17,559	18,107
752	17,272	17,584
762	22,570	23,112
Total (m³)	112,11	111,91
M³ / há	259,444	259,028

Houve uma diferença de 0,20 m³ na soma das parcelas ou 0,416 m³ por hectare a mais nas parcelas de auditoria. Ao realizar a análise variância foi constatada que essa diferença volumétrica não é significativa estatisticamente ao nível de 5%. O resultado da análise de variância para a diferença do volume sem casca pode ser observado na tabela 30.

Tabela 30. Análise de variância do volume sem casca.

Fator de variação	GL	QM	F
Volume S. Casca	01	0,00335	0,000481 ns

Gl= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

6. CONCLUSÃO

Para a análise quantitativa do processo de auditoria do inventário florestal, foi constatado que em nenhuma das parcelas ocorreu diferença significativa ao nível de 5% entre os dados, o que também ocorreu na análise geral das parcelas, comprovando a eficiência da equipe nas medições das variáveis biométricas. As maiores variações nas distribuições de resíduos foram encontradas na variável altura total, provavelmente por se tratar de uma estimativa e não uma medição direta.

A análise qualitativa do processo de auditoria mostra que houve erros em todas as parcelas principalmente os classificados como leves, mostrando que a experiência do coletor de dados é de suma importância no que se diz respeito à classificação qualitativa das árvores. Segundo a metodologia de avaliação qualitativa criada neste trabalho nenhuma das parcelas foi desclassificada pelos erros qualitativos.

No que se diz respeito ao volume de madeira com e sem casca, estimado para as parcelas, conclui-se que houve uma pequena diferença entre ambos os casos, provavelmente agravada pela não inclusão de uma árvore nas parcelas do inventário, porém, essa pequena diferença entre os volumes não foi considerada significativa estatisticamente.

Em suma, a auditoria de inventário florestal avaliada segundo os métodos propostos nesse trabalho é uma ferramenta de grande importância no que se refere ao controle dos erros não amostrais que podem influenciar o processamento de inventários. Dessa forma a auditoria de inventário florestal se torna uma atividade de controle de qualidade viável tecnicamente, carecendo de avaliações econômicas.

7. RECOMENDAÇÕES

Até o momento da auditoria pode se afirmar que as equipes responsáveis pelas medições, assim como os seus equipamentos de trabalho não precisam de averiguação e treinamento imediato, porém é recomendada a continuação do ciclo regular das atividades de treinamento regular e vistoria de equipamento para haja o ciclo de melhoria contínua das atividades de inventário florestal.

Recomenda-se, a coleta do tempo de instalação e medição de parcelas no inventário florestal, para uma estimativa de custos mais eficaz e para um planejamento de inventário florestal mais preciso, dessa forma, podendo otimizar o uso da mão de obra, cumprir os prazos de entrega de trabalhos mais rapidamente, reduzir custos e planejar treinamentos mais adequados.

8. ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC

O trabalho de conclusão de curso foi muito importante para a recapitulação das competências ligadas a área de inventários florestais, além das competências desenvolvidas ligadas ao conhecimento teórico, o trabalho ajudou no que se diz respeito ao desenvolvimento de competências ligadas ao cotidiano do Engenheiro Florestal, como a necessidade de planejamento, responsabilidade e dedicação com as tarefas desenvolvidas.

As etapas desse trabalho, descritas no cronograma, foram todas cumpridas no tempo estipulado e sobre a constante supervisão do professor responsável, não havendo nenhum tipo de desentendimento ou falta de comunicação de ambas as partes.

9. AVALIAÇÃO DO ORIENTADOR

O acadêmico Samuel Alves da Silva desenvolveu o seu TCC conforme planejado, demonstrando grande capacidade de estudo e competência que se destaca. Seu TCC demonstra o excelente domínio que o acadêmico tem sobre o tema bem como sua ótima capacidade de estruturação, redação, apresentação e discussão dos resultados.

Samuel Alves da Silva
Acadêmico

Prof. Nelson Yoshihiro Nakajima/UFPR
Orientador

10. REFERÊNCIAS

BRANDELERO, Catize; ANTUNES, Maria Ubaldina Ferreira; GIOTTO, Enio. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. **Ambiência**, v. 3, n. 2, p. 269-281, 2009.

COUTO, HTZ do; BASTOS, NELSON LUIZ MAGALHÃES. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de Eucalyptus no Estado de São Paulo. **IPEF, Piracicaba**, n. 37, p. 33-44, 1987.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: J. Olímpio, 1990. 327 p.

DA SILVA, JOSÉ ANTÔNIO ALEIXO; NETO, Francisco de Paula. **Princípios básicos de dendrometria**. UFRPE, 1979.

DE CESARO, Araldo et al. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia, e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de Pinus sp. Stand. **Ciência Florestal**, v. 4, n. 1, p. 97-108, 2009.

FASSOLA, H. E. **Gestión de la calidad del proceso de trabajo de poda em una PYME de servicios forestales**. 2001. 107 p. Tesis (Maestría) - Universidad Nacional de Misiones, Misiones.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992. 110 p.

HOSOKAWA, R. T.; MENDES, J. B. Planejamento florestal (técnicas para manutenção da contribuição florestal a economia nacional) [Brasil]. **Floresta**, 1984.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Editora UFPR, 1998. 162 p.

JACOVINE, L. A. G.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; LEITE, H. G.; MINETTI, L. J. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 391-400, maio/jun. 2005.

JURAN, J. M. **Planejando para a qualidade**. São Paulo: Pioneira, 1990. 394 p. (Coleção Novos Ubrais).

LOURENÇO FILHO, R. C. B. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científico, 1984. 223p.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004. 513 p.

MIRSHAWKA, V. **A implantação da qualidade e da produtividade pelo método do Dr. Deming**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 395p.

MAEDA, Shizuo et al. Silvicultura de precisão. **Embrapa Florestas-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)**, 2014.

MORAIS, A. D. F.; BRAVO, C. V.; ROQUE, R. A. M.; DE ANDRADE, W. F. **Utilização de Métodos Estatísticos em Inventário Florestal**. ESALQ-USP. Piracicaba. 2003.

NAKAJIMA, N. Y.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R. POSONSKI, M. **Elaboração de um sistema de amostragem para estimativa de valores correntes e mudança/crescimento em reflorestamento de Pinus**. Curitiba: CNPq/UFPR, 1998. 33 p. (CNPq – Pesquisa na modalidade recém doutor). Projeto concluído.

PÉLLICO S. N.; BRENA D. A. **Inventário Florestal**. Universidade Federal do Paraná – Universidade Federal de Santa Maria. Curitiba. 1997.

PEREIRA, Regis Mendonça. Gestão da qualidade aplicada ao inventário de florestas plantadas. 2013.

SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E.; HIRAKAWA, A. R. Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes. **Borém, A., MP Giudice, DM Queiroz, EC Mantovani, LR Ferreira, FXR Valle, e RLR Gomide. Agricultura de precisão. Viçosa: UFV, p. 109-145, 2000.**

SCOLFORO J. R. S.; MELLO J. M. **Inventário Florestal**. UFLA/FAEPE, Lavras, 2006.

VATRAZ, Silvane; BORGES, Fabricio Quadros. Procedimentos de controle do volume de madeira estimado e colhido em um plantio de Pinus spp. no Paraná. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 445-453, 2014.

YOSHITANI JUNIOR, Mauro. **Avaliação biométrica e econômica de plantios de Pinus taeda L. em Santa Catarina**. 2009.